

**CONOCIMIENTO QUE TIENEN LOS ODONTÓLOGOS DE PRÁCTICA GENERAL SOBRE  
MEDIDAS DE PROTECCIÓN (TANTO PARA EL OPERADOR COMO PARA EL  
PACIENTE), EN LA UTILIZACIÓN DE RAYOS X EN SUS CLÍNICAS PRIVADAS DE LA  
CIUDAD DE GUATEMALA 2009.**

Tesis Presentada por:

**CLAUDIA LUCRECIA QUIROA DELGADO**

Ante el Tribunal examinador de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de  
Guatemala que practicó el Examen General Público previo a optar al título de:

**CIRUJANA DENTISTA**

Guatemala, noviembre de 2009.

## **JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

<b>Decano:</b>	<b>Dr. Manuel Aníbal Miranda Ramírez.</b>
Vocal Primero:	De. Sergio Armando García Pilota
<b>Vocal Segundo:</b>	<b>Dr. Juan Ignacio Asensio Anzueto</b>
Vocal Tercero:	Dr. Jorge Eduardo Benitez De León
Vocal Cuarto:	Br. Lhess Amaury Leiva Velásquez
<b>Vocal Quinto:</b>	<b>Br. Maria Luisa Orellana Lemus</b>
Secretaria General de la Facultad:	Dra. Carmen Lorena Ordoñez de Mas

## **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO**

Decano:	Dr. Manuel Aníbal Miranda Ramírez.
Vocal Primero:	Dr. Jorge Eduardo Benítez De León
<b>Vocal Segundo:</b>	<b>Dr. Víctor Hugo Lima Sagastume</b>
Vocal Tercero:	Dr. Marvin Lizandro Maas Ibarra
Secretaria General de la Facultad:	Dra. Carmen Lorena Ordoñez de Mas

## **DEDICO ESTE ACTO**

- A DIOS:** Doy Gracias por darme la fuerza para alcanzar esta meta y darme el regalo de la vida, a ti te dedico este logro y te doy la Gloria. Te amo con todo mi corazón.
- A MIS PADRES:** Efraín Antonio Quiroa Acevedo y Thelma Victoria de Quiroa, les agradezco por el apoyo que me han dado siempre, por los sacrificios y desvelos, hoy les dedico este logro, los amo con todo mi corazón. Doy gracias a Dios por sus vidas y por tenerlos junto a mí.
- A MI ESPOSO:** Johans, gracias por tu gran apoyo y esfuerzo para ayudarme a culminar la carrera y poder juntos lograr este triunfo. Eres un gran esposo y un magnifico papá. TE AMO con todo mi corazón.
- A MI HIJA:** Ana Jimena, eres fuente de inspiración a mi vida y eres el regalo más maravilloso que Dios me dio. Te amo mi nena linda.
- A MIS HERMANOS:** Luis, Efraín (descanse en paz), Carlos, Jorge, Lilian, Karina, Andrea, con mucho cariño y agradecimiento por todo su amor y apoyo hasta el día de hoy. Que Dios los bendiga.
- A MI ABUELITA:** Gracias por sus consejos y apoyo.
- A FAMILIARES:** Les agradezco sus consejos y apoyo.
- A MI SUEGRA:** Victoria, gracias por ser una persona muy linda y por el apoyo que siempre me ha brindado.
- A MIS AMIGAS:** Fabiola, Angelos, Nancy de Ramírez, Jacqueline Baten. Con mucho cariño y a cada una gracias por su amistad y por el gran apoyo que me han brindado hasta el día de hoy. Que Dios las bendiga.
- A MIS CATEDRATICOS:** Gracias por toda la paciencia y la enseñanza.

## **TESIS QUE DEDICO**

**A DIOS**

**A GUATEMALA**

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**A LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**A MI ESPOSO E HIJA**

**A MIS PADRES Y HERMANOS**

**A MI ASESOR: DR. VICTOR HUGO LIMA**

**A MIS REVISORES: DR. MARVIN MAAS  
DR. LEONEL ARREOLA**

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

**CONOCIMIENTO QUE TIENEN LOS ODONTÓLOGOS DE PRÁCTICA GENERAL SOBRE MEDIDAS DE PROTECCIÓN (TANTO PARA EL OPERADOR COMO PARA EL PACIENTE), EN LA UTILIZACIÓN DE RAYOS X EN SUS CLÍNICAS PRIVADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA 2009**, conforme lo demandan los estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de:

## **CIRUJANA DENTISTA**

Expreso mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo de de la presente investigación; especialmente a mi asesor: Dr. Víctor Hugo Lima por su gran apoyo.

Y a ustedes distinguidos miembros del Honorable Tribunal Examinador reciban mi mas alta muestra de consideración y respeto.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
SUMARIO	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	6
MARCO TEÓRICO	7
OBJETIVO GENERAL	40
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
VARIABLES DE ESTUDIO	41
MATERIALES Y MÉTODOS	42
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	46
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	65

## SUMARIO

Con el propósito de establecer el conocimiento que tienen los odontólogos de práctica general sobre las medidas de protección, tanto para el operador como para el paciente, en la utilización de rayos X en sus clínicas de la ciudad de Guatemala, fue realizado el presente estudio.

Se obtuvo una muestra aleatoria de acuerdo a la lista que proporcionó el Colegio Estomatológico de Guatemala, de todos aquellos odontólogos colegiados hasta el año 2009, se procedió a evaluarlos mediante una encuesta que fue elaborada con una serie de preguntas directas y de completación, las cuales se realizaron y fueron respondidas en sus clínicas privadas. Se incluyeron únicamente a los odontólogos que aceptaron participar mediante un consentimiento informado y comprendido.

El 94.56% de los odontólogos que conforman la muestra respondió que sí conocen los daños biológicos que provoca el uso inadecuado de los rayos X y el 5.43% respondió no conocer los daños mencionados. El 98.91% respondió que sí conocen las medidas de protección para el paciente al utilizar los rayos X en sus clínicas privadas y el 1.09% contestó que no conoce las medidas mencionadas. El 97.82% respondió que sí conoce las medidas de protección personal al utilizar los rayos X en sus clínicas privadas, el 1.09% respondió no conocer las medidas de protección y el 1.09% no contestó.

Se concluyó que la mayor parte de odontólogos no tiene un conocimiento adecuado sobre qué medidas de protección, tanto para los pacientes como para el operador, deben usarse al utilizar los rayos X, porque al comprobar que medidas utilizaban en su clínica, un alto porcentaje no respondió la totalidad de las medidas de protección que están establecidas.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye una investigación que se llevó a cabo con el fin de establecer el conocimiento que tienen los Odontólogos de práctica general sobre medidas de protección (tanto para el Operador como para el paciente), en la utilización de rayos X en sus clínicas privadas de la ciudad de Guatemala 2009.

Muchos de los pioneros en radiología dental sufrieron los efectos adversos de la radiación, algunos de ellos perdieron dedos, miembros y casi sus vidas por dosis excesivas de la radiación. En la actualidad, los peligros de la radiación están documentados y se emplean medidas de protección para reducir la exposición del paciente y radiólogo dental<sup>(5)</sup>.

El ejercicio de la radiología, por sus características vinculadas principalmente a la producción de efectos biológicos sobre los órganos vivos, está sujeto a reglas y normas que tienen como objetivo proteger a todos aquellos que reciban radiaciones de forma habitual o no.<sup>(3)</sup>

Las normas de protección deben ser establecidas principalmente, para los pacientes y los profesionales. Existe una preocupación en términos globales, procurando minimizar los niveles de radiación en toda la biosfera, pues somos solamente los guardianes temporales de la esencia humana, debiendo dejarla para las generaciones futuras con un máximo de preservación. En nuestro ambiente, una atención juiciosa deberá ser dedicada a las instalaciones de nuestros aparatos, procurando establecer barreras de atenuación de acuerdo con las normas sanitarias vigentes. Se comenzará por la protección al paciente, pues, indirectamente, se estará protegiendo, a los profesionales.<sup>(5)</sup>



## ANTECEDENTES

Se han desarrollado algunos trabajos sobre medidas de protección al utilizar rayos X, para lo cual, con base a estos estudios, se han determinado muchas conclusiones y recomendaciones sobre el tema que han sido de beneficio para los estudiantes y profesionales de la odontología.

Existe literatura sobre la radiología y las implicaciones que esto conlleva en todo el contexto de la palabra, una exposición de los conocimientos de este tema se inicia con el descubrimiento de los rayos X e incluye una revisión de los pioneros de la radiología dental y la evolución de equipos, películas y técnicas radiográficas en odontología, así como los medios de protección que han ido mejorando con el paso del tiempo por el conocimiento que ahora se tiene sobre los efectos de la radiación. <sup>(5)</sup>

En la actualidad, se dispone de gran variedad de aparatos de Rayos X para uso en la clínica dental, pero se ha abusado de su uso, no observando las medidas de seguridad necesarias. <sup>(5)</sup>

En 1969, la Comisión Internacional de Protección Radiológica, dio a conocer los daños que los Rayos X causan, siendo estos: 1. Daño superficial 2. Efectos generales en el cuerpo, principalmente a los órganos hematopoyéticos, lo cual pueden producir anemia aplásica y leucemia. 3. Inducción de tumores malignos ( por degeneración de células). 4. Otros efectos secundarios como: cataratas, obesidad, disminución de fertilidad, reducción del promedio de vida. 5. Efectos genéticos. <sup>(5)</sup>

En 1973, Ovalle Monasterio <sup>(8)</sup> en su tesis de graduación sobre Peligros de los Rayos X en la Odontología, concluyó que debe ponerse especial cuidado con las medidas fundamentales de protección: a) para el paciente: 1. Tomar en cuenta edad: (niño, adolescente, adulto) . 2. Embarazo. 3. Paciente que ha sido sometido a tratamiento por radiación, (dónde, cuándo, y por qué). Informarse quién y tratar de hablar con el médico tratante. b) evitar al máximo las repeticiones. c) medidas fundamentales de protección para el operador. 1. Desarrollar técnica eficaz para obtención de roentgenogramas. Se menciona también que debe ponerse especial cuidado en el cumplimiento de las medidas fundamentales de protección, siendo el odontólogo el único responsable del uso de la radiación ionizante en una clínica dental, aún cuando el equipo sea operado por otra persona.

En 1989, Samayoa Meneses <sup>(9)</sup> en su tesis de graduación sobre las Condiciones de Protección Radiológica en las Clínicas de Odontología de la Ciudad Capital de Guatemala, concluyó que el odontólogo de la ciudad capital de Guatemala, tiene un conocimiento adecuado sobre qué medidas de protección radiológica deben utilizarse en el consultorio dental, pero al constatar la aplicación de las mismas, se pudo comprobar que en un alto porcentaje no se llevan a cabo. También se menciona que del total de clínicas dentales en la capital de Guatemala, se establece que el 100% de las mismas no cuentan con todos los medios de protección para evitar o disminuir la contaminación radiológica.

Valiente <sup>(10)</sup> 2001, en su estudio sobre Higiene Radiológica en la Clínica Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluyó que los estudiantes no ponen en práctica la totalidad de conocimientos adquiridos en el curso de Radiología. En algunos aspectos puntuales, esto se debe a carencia de infraestructura apropiada; en otros, a falla en las técnicas aprendidas. El Departamento de Radiología de la Facultad de Odontología de la USAC, carece de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para los aparatos de rayos X que se usan. Es importante mencionar que en el tercer año de la carrera, se imparte el curso de radiología, este es un curso completo para la utilización de los rayos X, se imparte de una forma práctica y dinámica.

Castro Saravia <sup>(1)</sup> 2004, en su estudio sobre “Determinación de errores en radiografías que fueron tomadas en la clínica de radiología de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala” y determinación del grado de conocimiento del tema “Errores en la radiología” en estudiantes de 4TO. y 5TO. año de la Carrera para Cirujano Dentista en el año 2004. Concluyó que el 67.47% de los estudiantes examinados, presentó un grado de conocimiento bajo, el 25.30% un grado medio y solamente el 7.23% alto, no siendo significativa la diferencia del año.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El uso de rayos X en la clínica dental es indispensable para el buen diagnóstico de los tratamientos dentales; el profesional de la odontología, en su practica diaria se encuentra expuesto a esta radiación, la cual resulta para él, dañina e innecesaria, mientras que para el paciente esta es necesaria y de mucho beneficio. Existen medidas preventivas que deben ser parte del manejo cotidiano de los rayos X, es por ello que el conocimiento que el profesional tenga acerca de estas, se hace de suma importancia en la practica clínica, tanto para el operador como para su equipo de trabajo y el de los pacientes. Con base a esto, se hace la siguiente interrogante:

¿Qué conocimiento tienen los odontólogos de la práctica general sobre las medidas de protección (tanto para el operador como para el paciente) al utilizar los rayos X en sus clínicas privadas de la ciudad de Guatemala 2009?

## JUSTIFICACIÓN

El uso de los rayos X hoy en día, es indispensable para el diagnóstico y tratamientos de enfermedades en medicina y lesiones que no se observan en la inspección u observación clínica odontológica, es por eso que la demanda de este medio de diagnóstico crece constantemente por su gran utilidad en la practica clínica. Es de mucha importancia el manejo correcto de estos y de todas las medidas de protección para evitar daños al paciente, operador y equipo de trabajo. Es bien sabido que hay información extensa al alcance del profesional sobre la importancia de las medidas de protección, pero es necesario saber si todos cuentan con el conocimiento y que lo estén realizando y si al utilizarlos, lo realizan correctamente. Es importante establecer si existe conocimiento o desconocimiento del profesional que realiza su práctica privada en la ciudad de Guatemala, tiene respecto a este tema, ya que esto podría llevar a una buena o mala práctica en el consultorio dental. Esta investigación tiene la finalidad de promover las medidas necesarias de protección para evitar daños a largo plazo y mejorar cada vez más el servicio odontológico que se presta.

## MARCO TEÓRICO

### DESCUBRIMIENTO DE LA RADIACIÓN X

#### Roentgen y el descubrimiento de los rayos X

La historia de la radiología dental principia con el descubrimiento de los rayos X; Wilhelm Conrad Roentgen (se pronuncia “rentjen”), un médico bávaro, descubrió los rayos X el 8 de noviembre de 1895. Este descubrimiento monumental revolucionó las capacidades diagnósticas de las profesiones médica y dental y como resultado cambió para siempre la práctica de la medicina y odontología. <sup>(5)</sup>

Antes de descubrir los rayos X, Roentgen experimentó con la producción de rayos catódicos (corrientes de electrones); utilizó un tubo de vacío, una corriente eléctrica y pantallas especiales cubiertas con un material brillante (fluorescente) que brillaba cuando se exponía a la radiación. Hizo las siguientes observaciones acerca de los rayos catódicos: los rayos se veían como chorros de luz de color que pasaban de un extremo del tubo al otro, no viajaban fuera del tubo y hacían que las pantallas fluorescentes brillaran. <sup>(5)</sup>

Mientras experimentaba con un tubo de vacío en un laboratorio oscuro, Roentgen notó un brillo verde débil que provenía de una mesa cercana. Descubrió que el misterioso brillo o “fluorescencia” se originaba en las pantallas localizadas varios metros lejos del tubo. Roentgen observó que la distancia entre el tubo y las pantallas era mucho mayor de lo que podían viajar los rayos catódicos. Se percató de que algo que salía del tubo tocaba las pantallas y causaba brillo. Roentgen concluyó que la fluorescencia se debía a algún rayo poderosos “desconocido”. <sup>(5)</sup>

En las siguientes semanas, Roentgen continuó experimentando con estos rayos desconocidos. Reemplazó las pantallas fluorescentes con una placa fotográfica; demostró que las imágenes sombreadas podrían registrarse de manera permanente en la película fotográfica al colocar objetos entre el tubo y la placa. Procedió a tomar la primera radiografía del cuerpo humano: colocó la mano de su esposa en una placa fotográfica y la expuso a los rayos desconocidos por 15 minutos. Cuando reveló la lámina fotográfica pudo observar el contorno de los huesos de la mano. <sup>(5)</sup>

Roentgen denominó su descubrimiento como rayos X, la “X” se refería a la naturaleza y propiedades desconocidas de estos rayos. (El símbolo X se utiliza en matemáticas para representar lo desconocido.) Publicó un total de tres artículos científicos que detallaban el descubrimiento, las propiedades y características de los rayos X. Durante su vida, Roentgen fue honrado y distinguido, entre las distinciones se incluyó el primer premio Nobel concedido en física. <sup>(5)</sup>

Después de la publicación de los documentos de Roentgen, los científicos de todo el mundo reprodujeron su descubrimiento y generaron información adicional sobre los rayos X; durante varios años posteriores a su descubrimiento, los rayos X se conocieron como rayos Roentgen, la radiología se denominó roentgeneología y las radiografías se conocieron como roentgenografías. <sup>(5)</sup>

#### Experimentación antes del descubrimiento de los rayos X

El tubo de vacío primitivo utilizado por Roentgen en el descubrimiento de los rayos X fue el resultado colectivo del trabajo de investigación de muchos investigadores. Antes del descubrimiento de los rayos X en 1895, varios científicos europeos experimentaron con fluorescencia en tubos de vidrio sellados. <sup>(5)</sup>

En 1838, un soplador de vidrio alemán llamado, Heinrich Geissler, construyó el primer tubo de vacío, un bulbo de vidrio sellado del que se extrajo casi todo el aire. Se conoce como tubo de Geissler; varios investigadores lo modificaron y se dio el nombre de su autor a cada una de estas modificaciones (p. ej. Tubo de Hittorf-Crookes, tubo de Lenard). <sup>(5)</sup>

Johann Vilhelm Hittorf, un físico alemán, utilizó el tubo de vacío para estudiar la fluorescencia (brillo que se produce cuando la luz, los rayos catódicos o los rayos X chocan contra una sustancia fluorescente). En 1870, Hittorf observó que las descargas emitidas por el electrodo negativo del tubo viajaban en línea recta y generaban calor y una fluorescencia verdusca. El llamó a estas descargas, rayos catódicos. Hacia el final del decenio de 1870, William Crookes, un químico inglés, rediseñó el tubo de vacío y descubrió que los rayos catódicos eran flujos de partículas cargadas. El tubo que utilizó Roentgen en sus experimentos, incorporó las mejores características de los diseños de Hittorf y Crookes, por lo cual se le llamó tubo de Hittorf-Crookes. <sup>(5)</sup>

En 1894, Philip Lenard descubrió que los rayos catódicos podían atravesar una delgada capa de lámina de aluminio adherida a las paredes de tubos de vidrio y hacía que las pantallas fluorescentes brillaran. Notó que cuando la separación entre el tubo y las pantallas era de 8 cm o más, éstas ya no brillaban. Se dice que Lenard habría descubierto los rayos X si hubiera utilizado pantallas fluorescentes más sensibles. <sup>(5)</sup>

#### **PIONEROS DE LA RADIACIÓN X DENTAL**

Después del descubrimiento de los rayos X en 1895, varios pioneros ayudaron a dar forma a la historia de la radiología dental. Se atribuye el desarrollo de esta especialidad a la labor de cientos de investigadores y odontólogos. Muchos de los pioneros de la radiología dental murieron por sobreexposición a las radiaciones. Cuando se realizó el descubrimiento de los rayos X, no se sabía nada acerca de los peligros ocultos que conlleva el empleo de estos rayos penetrantes. <sup>(5)</sup>

Poco después de que se anunció el descubrimiento de los rayos X en 1895, el odontólogo alemán Otto Walkhoff, tomó la primera radiografía dental. Envolvió una placa fotográfica con

papel negro que fijó con ligas de goma, se la colocó en la boca y se expuso a los rayos X durante 25 minutos. Ese mismo año, W. J. Morton, médico de Nueva York, tomó de un cráneo la primera radiografía dental que se obtuvo en Estados Unidos; también dio conferencias sobre la utilidad de los rayos X en la práctica odontológica y tomó la primera radiografía de cuerpo entero en una lámina de película que medía 0.9 por 1.80 metros. <sup>(5)</sup>

C. Edmund Kells, un odontólogo de Nueva Orleans, tiene el crédito de ser el primero que dio un uso práctico a las radiografías en odontología (en 1896); Kells tomó la primera radiografía dental obtenida en Estados Unidos de una persona viva. En los numerosos experimentos que realizó durante años, expuso sus manos a muchas sesiones diarias de rayos X; tal sobreexposición a las radiaciones le causó varios cánceres en la mano. Finalmente, la dedicación de Kells al desarrollo de los rayos X en la odontología, le costó perder los dedos, después la mano y por último el brazo. <sup>(5)</sup>

Otro de los pioneros de la radiografía dental fue el odontólogo de Boston William H. Rollins, que fabricó la primera unidad dental de rayos X. El Dr. Rollins sufrió la quemadura de una mano durante experimentos que realizó con radiaciones; este suceso despertó su interés en la protección contra la energía radiante y más tarde publicó su primer informe sobre los peligros relacionados con estos rayos. También se debe mencionar a Frank Van Woert, un odontólogo de la ciudad de Nueva York, que fue el primero en utilizar películas para radiografías intrabucales y Howard Riley Raper, profesor de la Universidad de Indiana, que fundó el primer curso de radiografía para estudiantes de odontología a nivel de licenciatura. <sup>(5)</sup>

Después de estos primeros descubrimientos, continuó el progreso de la radiología y su evolución prosigue, incluso en la actualidad, a medida que aparecen nuevas tecnologías. <sup>(5)</sup>

## HISTORIA DEL EQUIPO DENTAL DE RAYOS X

En 1913, William D. Coolidge, un ingeniero electricista, creó el primer tubo caliente de rayos X catódicos; era un dispositivo de alto vacío que contenía un filamento de tungsteno. El tubo de Coolidge se convirtió en el prototipo de todos los tubos modernos de rayos X y revolucionó la forma de generar dichas radiaciones. <sup>(5)</sup>

En 1923 se colocó una versión miniatura del tubo de rayos X dentro de la cabeza de un aparato y se sumergió en aceite; este dispositivo resultó el precursor de todos los aparatos modernos de rayos X dentales y fue fabricada por la Victor X-Ray Corporation, de Chicago. Más adelante, en 1933, la General Electric introdujo un nuevo aparato con características mejoradas. Desde entonces, los aparatos de rayos X cambiaron muy poco hasta que, en 1957, se introdujo el de kilovoltaje variable. Posteriormente, en 1966, se crearon los tubos de haz largo con una cavidad. <sup>(5)</sup>

## **HISTORIA DE LA PELÍCULA DENTAL DE RAYOS X**

De 1896 a 1913, los paquetes dentales de rayos X eran placas fotográficas de vidrio o películas cortadas en piezas pequeñas y envueltas a mano en papel negro y hule. El empaque manual de las películas dentales de rayos X era un procedimiento muy tardado. En 1913, la Eastman Kodak Company fabricó las primeras películas intrabucales pre-envueltas y gracias a éstas, aumentaron la aceptación y el uso de los rayos X en odontología. En 1920 se dispuso de las primeras películas periapicales fabricadas a máquina. <sup>(5)</sup>

En la actualidad, las películas utilizadas en radiografía dental son mucho mejores, en comparación con las del pasado. Las películas actuales requieren de un tiempo de exposición muy corto, con lo que también se reduce la exposición del paciente a las radiaciones; estos nuevos productos requieren una quinta parte del tiempo de exposición que se necesitaba hace 25 años. <sup>(5)</sup>

## **HISTORIA DE LAS TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS DENTALES**

Las principales técnicas intrabucales utilizadas en odontología son: bisectriz, paralelismo y aleta mordible. Los odontólogos que crearon estas técnicas fueron Weston Price, de Cleveland, quien introdujo la técnica de bisectriz en 1904 y Howard Riley Raper, que redefinió la técnica de bisectriz original y presentó la de aleta mordible en 1925. Raper también escribió uno de los primeros libros de texto sobre radiología dental en 1913. <sup>(5)</sup>

En 1896, C. Edmund Kells presentó por primera vez la técnica de paralelismo que luego (1920) fue utilizada por Franklin W. McCormack para tomar placas dentales. En 1947, F. Gordon Fitzgerald, el “padre de la radiología dental moderna”, reavivó el interés en esta especialidad mediante la introducción de la técnica de paralelismo con cono largo. <sup>(5)</sup>

La técnica extrabucal más utilizada en odontología es la de radiografías panorámicas. El japonés Hisatugu Numata fue el primero que aplicó una exposición para una placa panorámica, en 1933, aunque colocó la película al lado lingual de los dientes. Yrjo Paatero, a quien se considera el padre de las radiografías panorámicas, experimentó con radiografías formadas por un haz que pasaba por una ranura, intensificación de pantallas y técnicas de rotación. <sup>(5)</sup>



## ODONTOLOGÍA Y RADIACIÓN X

### Terminología básica

Radiación: tipo de energía que se transmite en forma de ondas o como un flujo de partículas.

Radiación X: radiación de alta energía que se produce en un tubo de vacío (tubo de rayos X) por la colisión de una corriente de electrones con un blanco metálico.

Rayos X: haz de energía que puede atravesar cuerpos materiales y grabar imágenes de sombras en una película fotográfica.

Radiología: ciencia o estudio del empleo de las radiaciones en medicina; rama de la ciencia médica que trata sobre la aplicación de los rayos X, las sustancias radiactivas y otras formas de energía radiante en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Placa: imagen (registro fotográfico visible) en una película; se obtiene por efecto de rayos X que pasan a través de un cuerpo u objeto. En la práctica es frecuente que se les llame radiografías, aunque no es lo más correcto. El término rayos X denota un haz de energía.

Radiografía: arte y ciencia de obtener placas radiográficas mediante la exposición de una película a rayos X.

Radiografía dental: imagen fotográfica grabada en una película por rayos X que atravesaron dientes y estructuras relacionadas.

Radiólogo dental: persona que coloca en posición, expone y procesa películas de placas dentales. <sup>(5)</sup>

### Importancia de las radiografías dentales

El radiólogo dental debe contar con conocimientos adecuados sobre la utilidad y el empleo de las radiografías dentales. Estas placas constituyen un componente necesario para el cuidado completo del paciente. En la práctica odontológica, las radiografías hacen posible que el dentista profesional identifique muchos trastornos, que de otra suerte permanecerían incógnitos y que descubra enfermedades no detectables en la clínica. Si el examen de la boca se realiza sin radiografías dentales, el dentista quedará limitado a lo que observe clínicamente: dientes y tejidos blandos. Cuando se utilizan placas radiográficas, el radiólogo puede obtener información valiosa relacionada con las piezas dentales y las estructuras óseas de soporte. <sup>(5)</sup>

La detección de trastornos constituye uno de los principales usos de la radiografía dental. Con base en las placas radiográficas, el radiólogo dental puede identificar enfermedades. Muchos de estos trastornos y desperfectos no producen signos clínicos ni síntomas, por lo que normalmente se les descubre por medio de radiografías. <sup>(5)</sup>

## **IONIZACIÓN, RADIACIÓN Y RADIATIVIDAD**

### **IONIZACIÓN**

Los átomos pueden encontrarse en estado neutro o en un desequilibrio eléctrico. Por lo regular, la mayor parte de los átomos son neutros; un átomo neutro contiene un número igual de protones (cargas positivas) y electrones (cargas negativas); los que no tienen saturado su capa más externa tienen un desequilibrio eléctrico y tratan de capturar electrones de algún átomo adyacente. Si el átomo gana un electrón, tendrá más electrones que protones y por lo tanto adquiere carga negativa. Asimismo, un átomo que pierda un electrón tendrá más protones que electrones y por consiguiente adquiere carga positiva. A los átomos que han ganado o perdido uno o más electrones y se hallen en desequilibrio eléctrico se les conoce como iones. <sup>(5)</sup>

La ionización es la producción de iones, o el proceso de convertir un átomo en ion; la ionización sólo actúa sobre los electrones y requiere la energía suficiente para superar la fuerza electrostática que mantiene al electrón unido con el núcleo. Cuando un electrón sale del átomo en el proceso de ionización, se produce un par iónico. En este caso, el átomo se convierte en un ion positivo, mientras que el electrón extraído se vuelve un ion negativo. Este par iónico reacciona con otros iones hasta que se alcanza el equilibrio eléctrico y se forma moléculas neutras. <sup>(5)</sup>

### **RADIACIÓN Y RADIATIVIDAD**

La radiación es la emisión y propagación de energía que atraviesa el espacio o una sustancia, ya sea en forma de ondas o de partículas. A veces se confunden los términos radiactividad y radiación; es importante observar que no significan lo mismo y se requiere comprenderlos antes de abordar el concepto de radiación ionizante. <sup>(5)</sup>

Se define a la radiactividad como el proceso por medio del cual ciertos átomos o elementos inestables sufren desintegración o descomposición espontánea, en un intento por lograr un estado nuclear más equilibrado. Se considera que una sustancia es radiactiva cuando libera energía en forma de partículas o rayos como resultado de la desintegración de su núcleo atómico. En odontología se utiliza radiación (en particular la radiación X) y no radiactividad. <sup>(5)</sup>

#### **Radiación ionizante**

Se define la radiación ionizante como aquella capaz de formar iones al quitar o agregar uno o más electrones a los átomos. La hay de dos clases: radiación de partículas y radiación electromagnética. <sup>(5)</sup>

## **RADIACIÓN DE PARTÍCULAS**

La radiación de partículas es la emisión de partículas diminutas de materia que poseen masa y viajan en línea recta a gran velocidad, transmiten energía cinética por medio de sus pequeñas masas que se desplazan rápidamente. Se han identificado cuatro tipos de estas radiaciones. <sup>(5)</sup>

- Se puede clasificar a los electrones como partículas beta o como rayos catódicos, que sólo difieren por su origen. Las partículas beta son electrones de movimientos rápidos emitidos desde un núcleo de átomos radiactivos. Los rayos catódicos son flujos de electrones de alta velocidad generados en un tubo de rayos X.
- Las partículas alfa son emisiones de los núcleos de metales pesados y se componen de dos protones y dos neutrones, sin electrones.
- Los haces de protones se componen de partículas aceleradas, específicamente núcleos de hidrógeno, con masa igual a 1 y carga de +1.
- Los haces de neutrones son partículas aceleradas con masa igual a 1 y sin carga eléctrica. <sup>(5)</sup>

## **RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA**

Se define a este tipo de radiación como la propagación de energía en forma de ondas (sin masa) a través del espacio o la materia. Se le llama electromagnética porque la energía que se propaga se acompaña de campos eléctricos y magnéticos oscilatorios que son perpendiculares entre sí. <sup>(5)</sup>

Las radiaciones electromagnéticas pueden ser provocadas o espontáneas; ejemplos de este tipo de emisiones son diversos rayos (cósmicos, gamma, X), la luz (ultravioleta, visible, infrarroja) y otras ondas (de radar, microondas y de radio). Se clasifica a estas radiaciones electromagnéticas de acuerdo con sus energías en el llamado espectro electromagnético. Todas las energías del espectro comparten características comunes. Según sus niveles de energía, se dividen en ionizantes o no ionizantes. Sólo las radiaciones de alta energía del espectro electromagnético (rayos cósmicos, rayos gamma y rayos X) son capaces de provocar ionización. <sup>(5)</sup>

Se cree que las radiaciones electromagnéticas se mueven a través del espacio tanto en forma de partículas como de ondas; por lo tanto, es necesario considerar dos conceptos: el de partícula y el de onda. <sup>(5)</sup>

### **CONCEPTO DE PARTÍCULA**

Este caracteriza las radiaciones electromagnéticas como haces discretos de energía llamados fotones o cuantos. Los fotones son paquetes de energía sin masa ni peso que viajan como ondas a la velocidad de la luz, avanzan en línea recta a través del espacio y “transportan la energía” de la radiación electromagnética.

## **CONCEPTO DE ONDA**

Este concepto caracteriza las radiaciones electromagnéticas como ondas y se enfoca a las propiedades de velocidad, longitud de onda y frecuencia.

- La velocidad es la rapidez con que se desplaza la onda; todas las radiaciones electromagnéticas viajan como ondas, en una secuencia continua de crestas a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  metros por segundo [186 000 millas por segundo]) en el vacío.
- Se define a la longitud de onda como la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente; determina la energía y poder de penetración de la radiación, mientras más corta sea la distancia entre las crestas, menor será la longitud de onda y mayor es su energía y capacidad para penetrar la materia. La longitud de onda se mide en nanómetros ( $1 \times 10^{-9}$  metros o una billonésima de un metro) para las ondas cortas y en metros para las ondas largas.
- La frecuencia es el número de longitudes de onda que pasa por un punto determinado, en cierto intervalo de tiempo. La frecuencia y la longitud de onda son inversamente proporcionales; a mayor frecuencia corresponde menor longitud de onda y a menor frecuencia corresponde mayor longitud de onda. <sup>(5)</sup>

## **RADIACIÓN X**

### **Definición**

Los rayos X constituyen una radiación electromagnética ionizante de alta energía; al igual que todas las demás emisiones de este tipo tienen propiedades de ondas y de partículas. Se define a los rayos X como paquetes de energía sin peso (fotones) ni carga eléctrica, que viajan en forma de ondas con una frecuencia específica y a la velocidad de la luz. Los fotones de los rayos X interactúan con los materiales que penetran y causan ionización. <sup>(5)</sup>

### **Propiedades**

Los rayos X tienen ciertas propiedades únicas o características; es necesario que el radiólogo dental esté familiarizado con las propiedades de los rayos X. <sup>(5)</sup>

## **APARATOS DE RAYOS X**

En Odontología, los rayos X se producen mediante un aparato dental de rayos X; para propósitos didácticos, se divide el estudio del aparato en tres áreas de consideración: partes componentes, tubo de rayos X y dispositivo que genera los rayos X.

Los aparatos de rayos – X odontológicos encontrados en el mercado se fabrican buscando principalmente el menor costo y la adaptación a las salas donde serán instalados los consultorios dentarios. <sup>(5)</sup>

En general, son de kilovoltaje y miliamperaje fijos y tienen solamente un compensador para las oscilaciones de la red eléctrica general. <sup>(5)</sup>

## **CONSTITUCIÓN DE LOS APARATOS**

A) Base. Fija o móvil – pueden estar presa a la pared o al propio equipo odontológico.

B) Cuerpo. Partes eléctricas generales.

1. Autotransformador – luz piloto
2. Estabilizador de corriente
3. Regulador de voltaje
4. Regulador de miliamperaje
5. Marcador de tiempo (cronorruptor, temporizador)
6. Voltímetro – Amperímetro
7. Selectores de kilovoltaje y miliamperaje

C) Brazo articulado. Permite movimientos de la cabezuela en los planos vertical y horizontal.

D) Cabezuela. Caja blindada para el tubo de rayos – X y:

I) Transformador de alta tensión: Corriente comercial – 110 volts y 3A Tubo – 50 a 70 kVp- 7 a 10 mA (dentro del tubo)

II) Transformador de baja tensión: Corriente comercial – 110 volts y 3A Tubo – 8 a 10 volts y 6<sup>a</sup> (filamento)

III) Filtro adicional de aluminio

IV) Diafragma de plomo – Colimadores metálicos.

V) Localizadores – cilindros abiertos <sup>(5)</sup>

### **Componentes:**

El aparato tiene tres partes visibles: módulo de control, brazo de extensión y cabeza del tubo. <sup>(5)</sup>

## **MÓDULO DE CONTROL**

Este contiene un botón de encendido con luz indicadora, un botón de exposición con luz indicadora y dispositivos de control (selectores de tiempo, kilovoltaje y miliamperaje) para regular los rayos X. El módulo de control se conecta en un enchufe eléctrico y se ve como un módulo o gabinete montado en la pared fuera del consultorio. <sup>(5)</sup>

## **BRAZO DE EXTENSIÓN**

El brazo de extensión montado en la pared sostiene la cabeza del tubo de rayos X y contiene alambres eléctricos que se extienden desde el módulo de control hacia la cabeza; permite mover y colocar en posición la cabeza del tubo. <sup>(5)</sup>

## **CABEZA DEL TUBO**

La cabeza del tubo de rayos X es una caja o cubierta de metal pesado que contiene el tubo que produce los rayos X odontológicos. Las partes de la cabeza incluyen lo siguiente:

- Caja de metal, o cuerpo metálico de la cabeza que rodea al tubo de rayos X y los transformadores y está llena de aceite; protege al tubo y conecta a tierra los componentes de alto voltaje.
- Aceite aislante, o aceite que rodea al tubo de rayos X y transformadores dentro de la cabeza; evita el sobrecalentamiento al absorber el calor generado por la producción de los rayos X.
- Sello de cabeza, cubierta de aluminio o de vidrio emplomado de la cabeza del tubo, que permite en este sitio la salida de los rayos X; sella el aceite de la cabeza del tubo y actúa como filtro del haz de rayos X.
- Tubo de rayos X, corazón del sistema, que genera los rayos X.
- Transformador, aparato que cambia el voltaje de la electricidad de ingreso.
- Discos de aluminio, hojas de aluminio de 0.5 mm de espesor colocadas en la vía del haz de rayos X; filtran los rayos de longitud de onda larga, no penetrantes.
- Colimador de plomo, una lámina de plomo con un orificio central que se ajusta de manera directa sobre la abertura de la caja metálica de donde salen los rayos X; restringe el tamaño del haz.
- Cono, cilindro recubierto de plomo con un extremo abierto que se extiende desde la abertura de la caja metálica de la cabeza del tubo; guía y da forma al haz de rayos X. También se le conoce como aditamento indicador de posición. <sup>(5)</sup>

## **Tubo de rayos X**

El tubo de rayos X es el corazón del sistema que genera los rayos X; es esencial para la producción del haz y merece un análisis separado del resto del aparato. Es un tubo de vidrio al vacío; los que se utilizan en odontología miden varios centímetros de largo por 2.5 cm de diámetro. Las principales partes componentes del tubo son la cubierta de vidrio emplomado, un cátodo (electrodo negativo) y un ánodo (electrodo positivo). <sup>(5)</sup>

## **CUBIERTA DE VIDRIO EMPLOMADO**

Es un tubo de vidrio emplomado al vacío que evita que los rayos X salgan en todas direcciones, el área central tiene una “ventana” que permite que el haz de rayos X salga del tubo y lo dirige hacia los discos de aluminio, el colimador de plomo y el cono.

## **CÁTODO**

El cátodo, o electrodo negativo, es un filamento de alambre de tungsteno sobre un soporte hecho de molibdeno, que tiene forma de copa. La función del cátodo consiste en proporcionar los electrones necesarios para generar los rayos X. En el tubo, los electrones liberados por el electrodo negativo se aceleran hacia el ánodo positivo; el cátodo se compone de lo siguiente:

- Filamento de tungsteno, alambre enrollado hecho de este metal; emite electrones cuando se calienta.
- Copa de molibdeno, que enfoca los electrones en un haz estrecho y dirige el rayo a través del tubo hacia el blanco de tungsteno del ánodo <sup>(5)</sup>

## **ÁNODO**

El ánodo, o electrodo positivo, es una lámina de tungsteno del grueso de una oblea; está incrustado en una varilla sólida de cobre. La función del ánodo consiste en convertir los electrones en fotones de rayos X. El ánodo se compone de lo siguiente:

- Un blanco de tungsteno, que es una lámina de este metal y sirve como punto de enfoque y convierte los electrones incidentes en fotones de rayos X.
- Tallo de cobre, cuya función es la de disipar el calor generado en el blanco de tungsteno. <sup>(5)</sup>

## **Aparato generador de rayos X**

Para comprender cómo funciona el tubo de rayos X y cómo se producen, el radiólogo dental debe tener conocimientos sobre electricidad, corrientes eléctricas, circuitos eléctricos y transformadores. <sup>(5)</sup>

## **PRODUCCIÓN DE LA RADIACIÓN X**

### **Producción de rayos X dentales**

Ahora que se revisaron los componentes del aparato de rayos X, el tubo y el aparato que genera los rayos X, es posible analizar la obtención de los rayos X dentales.

En seguida se presenta una explicación de la generación de los rayos X.

1. La electricidad proveniente del enchufe de la pared proporciona la fuerza para generar los rayos X; cuando se enciende el aparato, la corriente eléctrica entra al módulo de control a través del cordón conectado a la toma de corriente en la pared. La electricidad viaja desde el módulo de control hacia la cabeza del tubo a través de los alambres conductores que tiene el brazo de extensión.

2. La corriente se dirige hacia el circuito del filamento y al transformador reductor en la cabeza del tubo; el transformador reduce el voltaje de la línea de entrada de 110 o 220 hasta 3 a 5 voltios.
3. El circuito del filamento utiliza de 3 a 5 voltios para calentar el filamento de tungsteno en la porción catódica del tubo de rayos X. Entonces se produce una emisión termoiónica, que es la liberación de electrones del filamento de tungsteno cuando la corriente eléctrica pasa a través de él y lo calienta. Los electrones de la capa externa de los átomos de tungsteno adquieren la energía suficiente para salir de la superficie del filamento, con lo que se forma una nube de electrones alrededor del mismo. Los electrones permanecen en dicha nube hasta que se activa el circuito de alto voltaje.
4. Al presionar el botón de exposición se activa el circuito de alto voltaje; entonces, los electrones liberados por el cátodo se aceleran a través del tubo de rayos X hacia el ánodo. La copa de molibdeno en el cátodo dirige los electrones hacia el blanco de tungsteno en el ánodo.
5. Los electrones viajan del cátodo al ánodo y cuando chocan con el blanco de tungsteno, su energía de movimiento (energía cinética) se transforma en energía de rayos X y calor. Menos de 1% de la energía se convierte en rayos X y el 99% se disipa como calor.
6. El tallo de cobre dispersa el calor producido durante la generación de los rayos X y el aceite aislante en la cabeza del tubo absorbe esa energía térmica. En el blanco se producen rayos X que son emitidos en todas direcciones; sin embargo, la cubierta de vidrio emplomado evita que las radiaciones escapen del tubo. Una pequeña parte de los rayos X salen del tubo por la porción sin plomo de la ventana de vidrio.
7. Los rayos X viajan por la ventana de vidrio no emplomado, el sello de la cabeza del tubo y los discos de aluminio. Estos últimos eliminan o filtran los rayos X de mayor longitud de onda.
8. A continuación, el colimador de plomo restringe el tamaño del haz de rayos X; el haz viaja a través del cono recubierto con plomo y sale por la abertura no emplomada que está en la punta del cono. <sup>(5)</sup>

#### Tipos de rayos X producidos

No todos los rayos X generados en el tubo son iguales; difieren en energía y longitud de onda, las cuales varían dependiendo de la interacción de los electrones con los átomos de tungsteno en el ánodo. La energía cinética de los electrones se transforma en fotones de rayos X por medio de dos mecanismos: radiación general (de Bremstrahlung) o radiación característica. <sup>(5)</sup>



## **RADIACIÓN GENERAL**

La velocidad de los electrones disminuye debido a sus interacciones con el blanco de tungsteno en el ánodo; muchos electrones que interactúan con los átomos de tungsteno del blanco no lo hacen una sola vez sino en numerosas ocasiones. La radiación producida de esta manera se conoce como radiación general (de Bremsstrahlung) o de frenado; este término se refiere a la detención súbita o “frenado” de la alta velocidad de los electrones cuando chocan con el blanco de tungsteno en el ánodo. La mayor parte de los rayos X son producidos de esta manera y se puede clasificar como radiación general a cerca del 70% de la energía liberada en el ánodo.

La radiación general se produce cuando un electrón choca con el núcleo de un átomo de tungsteno o cuando un electrón pasa muy cerca del núcleo del átomo. En raras ocasiones el electrón choca con el núcleo del átomo, sin embargo, cuando lo hace, su energía cinética se convierte en un fotón de rayos X de gran energía. En lugar de chocar con los núcleos de tungsteno, la mayor parte de los electrones siguen de largo; cuando pasan cerca del núcleo, éste los atrae y los desacelera; en consecuencia, se convierten en fotones de rayos X de baja energía. Los electrones que no chocan con el núcleo continúan la penetración en muchos átomos y generan rayos X de baja energía antes de impartir toda su energía cinética. Como resultado, la radiación general se compone de rayos X de muy diversas energías y longitudes de onda. <sup>(5)</sup>

## **RADIACIÓN CARACTERÍSTICA**

Esta se produce cuando un electrón de alta velocidad desaloja a otro del nivel atómico más interno del tungsteno y ioniza el átomo. Una vez extraído ese electrón, los otros que están en órbita se reordenan para cubrir el hueco; esto ocasiona liberación de energía que a su vez genera un fotón de rayos X; a los haces producidos por esta interacción se les conoce como rayos X característicos. <sup>(5)</sup>

La radiación característica constituye apenas una parte muy pequeña de los rayos X producidos en el aparato dental y sólo se generan a 70 kVp o más porque la energía de unión del electrón en el nivel K que es de cerca de 70 keV. <sup>(5)</sup>

### **Definiciones de radiación X**

Con frecuencia se califica a la radiación X con adjetivos como primaria, secundaria o dispersa; por tanto, se requiere conocer el significado de estos términos antes de analizar las interacciones de los rayos X con la materia. <sup>(5)</sup>

## **RADIACIÓN PRIMARIA**

Esta se refiere al haz de rayos X penetrante que se origina en el blanco del ánodo y sale por la cabeza del tubo; este haz se conoce como haz primario o rayo útil. <sup>(5)</sup>

## **RADIACIÓN SECUNDARIA**

Esta se refiere a la radiación X que se genera cuando el rayo primario interactúa con la materia (en radiología dental, la materia incluye tejidos blandos de la cabeza, huesos del cráneo y dientes). La radiación secundaria es menos penetrante que la primaria.<sup>(5)</sup>

## **RADIACIÓN DISPERSA**

Esta es una forma de radiación secundaria y es el resultado de un rayo X desviado de su trayectoria por interacción con la materia. La radiación dispersa se desvía en todas direcciones por los tejidos del paciente y viaja a todas las partes de su cuerpo y a todas las áreas del consultorio y es dañina para el paciente y el radiólogo.<sup>(6)</sup>

## **INTERACCIONES DE LA RADIACIÓN X**

Ahora que se revisó la generación de los rayos X, es necesario analizar las interacciones de la radiación. ¿Qué pasa después de que la radiación X sale de la cabeza del tubo? Cuando los fotones de rayos X llegan al paciente, la energía que les impartió el aparato dental ocurre varios fenómenos:

- Los rayos X pueden pasar a través del paciente sin tener ninguna interacción.
- El paciente puede absorber por completo los fotones de rayos X.
- Los fotones de rayos X se dispersan.<sup>(5)</sup>

Se requiere conocer las estructuras atómicas y moleculares para comprender estas interacciones y efectos. A nivel atómico, hay cuatro posibilidades en cuanto a la interacción del fotón de rayos X con la materia: 1) que no ocurra ninguna, 2) un efecto de absorción o fotoeléctrico, 3) dispersión Compton y 4) dispersión coherente.<sup>(5)</sup>

### **Ninguna interacción**

Es posible que un fotón de rayos X pase a través de la materia o los tejidos del paciente sin establecer ninguna interacción. El fotón pasa a través del átomo sin cambio y lo deja igual. Los fotones de rayos X que pasan a través del individuo sin interacción son los que dan lugar a las diversas densidades en la película y hacen posible la radiografía dental.<sup>(5)</sup>

### **Dispersión Compton**

Es posible que un fotón de rayos X se desvíe de su trayectoria durante su paso a través de la materia. El término dispersión se refiere a este tipo de radiación. A nivel atómico, la mayor parte de la radiación de dispersión que se lleva a cabo ocasiona el efecto Compton.<sup>(5)</sup>

En la dispersión Compton hay ionización; un fotón de rayos X choca con un electrón de una órbita externa, no adherido y cede parte de su energía para extraer al electrón de su órbita; entonces pierde su fuerza y continúa en una dirección diferente (se dispersa), con un grado de energía menor. El fotón nuevo, más débil, interactúa con otros átomos hasta que se agota su energía. El electrón expulsado se denomina electrón Compton o rebotado y tiene una carga negativa; por su parte, el átomo queda con una carga positiva. La dispersión Compton se encuentra en el 62% de la dispersión que se presenta en la radiografía diagnóstica. <sup>(5)</sup>

#### Dispersión Coherente

Otro tipo de radiación dispersa que se puede presentar cuando los rayos X interactúan con la materia, se conoce como dispersión coherente o no modificada, e involucra un fotón de rayos X donde la materia alteró su trayectoria. La dispersión coherente ocurre cuando un fotón de rayos X de baja energía interactúa con un electrón de una órbita externa. Esto no ocasiona cambios en el átomo y produce un fotón de radiación dispersa, el cual viaja en una dirección distinta a la del fotón incidente, pero no pierde energía ni provoca ionización. En esencia, el fotón de rayos X permanece “sin modificación” y sólo tiene un cambio de dirección sin cambio de energía. La dispersión coherente se encuentra en el 8% de las interacciones de la materia con el haz de rayos X dental. (Hering). <sup>(1)</sup>

## BIOLOGÍA DE LA RADIACIÓN

### RIESGOS DE LA RADIACIÓN

A diario el ser humano está expuesto a la radiación “ambiental”, de manera natural, esta radiación incluye cósmica y terrestre. Además de la radiación ambiental, la tecnología moderna crea fuentes de radiación “artificial”, como los productos de consumo diario. <sup>(1)</sup>

La radiación médica, otra fuente de exposición, por sí sola contribuye con la mayor de las exposiciones a la radiación artificial. <sup>(1)</sup>

### RIESGO Y CÁLCULO DE RIESGO

El riesgo se define como la probabilidad de efectos adversos o muerte por una exposición a un agente peligroso. En radiología dental, el riesgo es la probabilidad de un efecto adverso, en especial inducción de cáncer, que se presenta por exposición a la radiación ionizante. El riesgo probable de un cáncer mortal inducido por radiografía dental en un individuo se calcula en cerca de 3 por cada 1,000,000. Este cálculo se debe de asociar con el riesgo de 1 en 1,000,000 al fumar 1.4 cigarrillos al día. Este cálculo sugiere que es más probable que haya muerte por actividades normales, que por procedimientos radiográficos dentales. <sup>(3)</sup>

Con los procedimientos radiográficos dentales, los órganos críticos en riesgo incluyen la glándula tiroides y la médula ósea activa. También se pueden considerar como órganos críticos la piel y los ojos. <sup>(1)</sup>

La radiación producida por la toma de radiografías dentales, varía según lo siguiente: <sup>(12)</sup>

- 1) Velocidad de la película: la exposición se puede limitar con el uso de la película lo más rápida posible (velocidad E).
- 2) Colimación: usar colimación rectangular en vez de redonda.
- 3) Técnica: la exposición a la radiación se limita con el uso de una distancia más larga de fuente de película, el uso de un cono largo, no terminando en punta y la técnica de paralelismo.
- 4) Factores de exposición: la exposición se limita usando un kilovoltaje más alto. <sup>(1)</sup>

### ACCIÓN NOCIVA DE LOS RAYOS X – PROTECCIÓN ANTIRAYOS X

Antes de abordar las medidas para la protección contra los efectos dañinos de las radiaciones ionizantes, se va hablar de su origen.

Existen fuentes naturales y artificiales de radiación. <sup>(4)</sup>

**a. Fuentes naturales de radiación** (Background). El hombre vive en un ambiente de radiaciones, recibiendo cerca de 1 mR por día. Como fuente principal de radiación externa, se tiene la radiación cósmica, a la que se añade la radiación solar, que son filtradas por la atmósfera. Los niveles de radiación cósmica son mayores en áreas de altitudes más elevadas. Como consecuencia de la radiación cósmica, se tiene incorporado en el organismo, junto al DNA, carbono 14, radioisótopo responsable por las mutaciones espontaneas. Otra fuente natural está representada por los elementos radiactivos, como el uranio, torio y sus productos de desintegración. Hay locales en los que la radiactividad natural es elevada, como Guarapari (Espírito Santo), debido a las arenas monacitas, que contienen torio. En la región de Pocos de Caldas (Pedro Balao, Morro do Ferro, Campo do Agostinho), debido a la presencia de minerales radiactivos; en excavaciones, la tasa de exposición llega a 2,5 mR/hora, por encima de la dosis de tolerancia. Se tiene también agua radiactiva (Vichy, Francia), irradiación procedente de las edificaciones (accidental). <sup>(4)</sup>

Como fuentes naturales internas, se tiene  $K^{40}$  en los músculos,  $C^{14}$ , radón y los productos de la desintegración del radio, todo incorporado en el organismo. Se recibe en media 3R en 30 años, en las gónadas, debido a la radiactividad natural. <sup>(5)</sup>

**b. Fuentes artificiales de radiación.** Como fuentes se tienen los tubos de rayos-X, los reactores nucleares, los radioisótopos artificiales, la investigación científica e industrial. El hombre, para su comodidad, ha aumentado esta fuente con los televisores, esferas de relojes luminosas, esmaltes

centelleantes para las uñas, interruptores luminosos, en fin, una gran serie de pequeñas fuentes de radiaciones. <sup>(4)</sup>

## RADIACIONES IONIZANTES

Los rayos X, gamma, alfa, beta y cósmicos son *ionizantes*. Su acción sobre los átomos y moléculas provoca su división en iones (átomos o grupo de átomos con signo eléctrico contrario); los iones pueden volver a reunirse bajo nuevas *formas químicas*.

Así, por acción de los fotones de rayos X, se pueden producir en la intimidad de los tejidos transformaciones químicas extrañas, particularmente la del agua ( $H^2O$ ) en peróxido de hidrógeno o agua oxigenada ( $H^2O^2$ ). <sup>(4)</sup>

En nuestro organismo, la acción ionizante se hace sentir especialmente en los *cromosomas* (ruptura con pérdida o recombinaciones *anormales*), cuyos efectos se manifiestan durante la división celular, causando la evolución anormal o la muerte de la célula. La acción de los rayos X sobre las células sexuales (sobre los genes) trae como consecuencia alteraciones en la transmisión de los caracteres hereditarios (mutaciones) <sup>(4)</sup>

Los efectos ionizantes se producen proporcionalmente a la *cantidad de radiación* absorbida (energía) y a la *radiosensibilidad de las células* que la absorben. <sup>(2)</sup>

Nuestro organismo está absorbiendo continuamente *infimas cantidades de radiaciones ionizantes naturales* (rayos cósmicos, de los elementos *radiactivos del suelo*, de la habitación y aun de nuestro propio contenido en potasio 40, etc.) y *artificiales* (relojes y medidores con *esferas luminosas*, aparatos de televisión). Asimismo, absorbe la radiación producida por la radiactividad remanente de las exposiciones nucleares, uno de cuyos “saldos” es el estroncio 90 (que *se fija en los huesos como lo hace el calcio*). <sup>(5)</sup>

Radiaciones X (ionizantes) primaria, secundaria y por escape <sup>(4)</sup>

Durante el funcionamiento del aparato de rayos X, la radiación ionizante X se manifiesta bajo las siguientes formas:

- 1) *Primaria o útil*, que emite el *foco*, en forma de cono o haz a través de la ventana del tubo. Su dirección puede determinarse (angulaciones) y por lo tanto *es controlable*.
- 2) *Secundaria*, emitida por los objetos que son *alcanzados* por los rayos primarios, principalmente la cabeza del paciente (cara), cabezal del sillón, *colimador cónico* (plástico), etc. Esta emisión secundaria, *que empieza y termina con la primaria*, se hace en *todas direcciones*.
- 3) *Por escape* (“leakage” de los autores norteamericanos), que escapa de la cabeza del aparato (tubo) *por otros lugares que su ventana de emisión*. La radiación por escape, en los aparatos modernos (bien protegidos) es de poca consideración, pero puede llegar a ser importante

cuando existen fallas en el blindaje de las cabezas. En los modelos antiguos, con tubos “abiertos”, la radiación por escape es considerable. <sup>(4)</sup>

No está de más señalar que las formas por escape y secundaria, además de ser biológicamente perjudiciales, también lo son técnicamente. <sup>(4)</sup>

Por lo tanto, con cualquier aparato que se utilice (aun con aquellos que los fabricantes indican con “*protección integral*”, al tomar una radiografía, el paciente necesariamente recibirá (absorberá) una cantidad determinada de rayos (exposición). En cuanto al profesional y personal auxiliar, recibirán (absorberán) cantidades peligrosas si permanecen en el paso del haz primario y también recibirán cantidades no despreciables cuando no son protegidos de las radiaciones secundarias y por escape. <sup>(4)</sup>

#### Manifestaciones clínicas de los efectos nocivos

Cuando la cantidad de rayos absorbida por el paciente o por el profesional (y personal auxiliar) sobrepasa ciertos límites, su efecto sobre el organismo es de notable perjuicio, el cual puede manifestarse bajo formas general o local, según las células atacadas. <sup>(4)</sup>

A causa de que las células más radiosensibles son las menos diferenciadas y de mayor actividad cariocinética (tales como las sexuales, de los órganos hematopoyéticos y del bulbo piloso, de la capa germinativa de la epidermis, etc.), se explica que entre las manifestaciones generales figuren la leucemia, anemia, esterilidad, aborto, etc. y entre las locales (que pueden presentarse en la cabeza y cuello del paciente dental) particularmente dermatitis y alopecia (formas agudas y temporarias). <sup>(4)</sup>

Edison figura entre los primeros investigadores que observaron las manifestaciones locales, así se le atribuye lo siguiente, aparecido en mayo de 1896 en un artículo del “Century Magazine”: “pronto observé que los rayos X habían causado efectos desastrosos en mi colaborador, señor Dally, pues se le cayó el pelo y se le formaron varias úlceras en la piel” (Farrel y Ferro). <sup>(4)</sup>

Cuando se aplican los métodos intraorales, en razón de vecindad con la dentadura, es preciso recordar que el cristalino y la glándula tiroides no deben ser irradiados innecesariamente, ya que un exceso de radiación (repetición, acumulación) puede determinar la aparición de cataratas en el primero, mientras que la absorción de rayos por la segunda parece, particularmente en los niños, influir en la incidencia posterior del cáncer en esta glándula. <sup>(4)</sup>

Es también importante saber que en los dedos del profesional, cuando éste los usa indebidamente para sostener el paquete radiográfico durante la exposición, los efectos nocivos pueden manifestarse bajo forma de dermatitis crónica. Al respecto, no está de más advertir que, según Young y Kundel, el 31% de estas lesiones degeneran malignamente. <sup>(4)</sup>

Los dedos más atacados son el índice, anular y pulgar, por ser los más expuestos. Paradójicamente, el extremo del índice (el que más se utiliza) resulta comparativamente la parte más protegida (por dientes, hueso alveolar y respaldo metálico de los paquetes). Las manifestaciones clínicas que progresivamente suelen aparecer en estos dedos son: sequedad de la piel, escamosidades, fisuras, queratosis y carcinoma. <sup>(4)</sup>

Como se habrá comprendido; la causa de este y otros accidentes similares, fue la necesaria falta de conocimientos (sobre la acción nociva de los rayos X) que no se tenían en esa época inicial. <sup>(4)</sup>

Conocida esta parte de la historia de nuestra materia, se adelantará una simple regla práctica de radioprotección para el profesional y personal auxiliar: *“no poner ni un solo dedo nunca dentro del “chorro” o haz de rayos “X”* lo cual representa, empírica y estimativamente, “un 90-95%” de su total radioprotección. <sup>(4)</sup>

#### Efectos somáticos y genéticos

Si bien, teóricamente, no existen dosis inocuas, en la práctica los efectos somáticos, según Ennis y Berry, pueden considerarse: 1) “reversibles”, si la célula retorna a su estado de preirradiación; 2) “condicionales”, cuando las células quedan afectadas en tal forma que una segunda dosis menor o igual a la primera impide su retorno al estado de preirradiación; 3) “irreversibles”, cuando ocurren cambios permanentes o destrucción. <sup>(4)</sup>

El retorno a la “normalidad” o reparación, requiere un tiempo de descanso (sin nuevas exposiciones) denominado por algunos autores *tiempo de eliminación, que varía con la cantidad de rayos absorbida y la radiosensibilidad de las células atacadas.* <sup>(2)</sup>

De acuerdo con lo anterior, en la práctica se puede aceptar que los efectos somáticos producidos por ínfimas cantidades de radiación ionizante pueden ser “reparados” rápidamente y por esta circunstancia el organismo permite o tolera la repetición de pequeñas dosis, pero, en cambio, cuando las cantidades repetidas “sobrepasan sus tiempos de eliminación”, los efectos se “suman” y acumulan, pudiendo a veces manifestarse después en forma local o general que con frecuencia es irreparable.

Según March (citado por Stone) la *leucemia (médula ósea)* es nueve veces más frecuente en los *radiólogos*, que en otras especialidades médicas. <sup>(4)</sup>

Otro dato a este respecto es que el factor individual, la idiosincrasia, también interviene aquí; así, en algunas personas es posible observar reacciones (locales) ante determinada cantidad de rayos que en determinada cantidad de rayos que en otras no provoca la misma manifestación. <sup>(4)</sup>

*En cuanto a los efectos genéticos, producidos por la acción ionizante sobre los genes, deben tenerse presentes estos tres importantes criterios:* <sup>(4)</sup>

- 1) “El mayor efecto genético de la radiación parece estar en la adición de mutantes indeseables; es un efecto acumulativo a largo plazo en la población y también parece ser acumulativo en lo que respecta a la exposición de las gónadas individuales antes de la procreación. En este caso parece ser que no hay cantidad alguna de radiación que pueda considerarse inocua; estadísticamente, incluso la más pequeña cantidad se añade al peligro total en proporción directa a la dosis” (Chamberlain).
- 2) Al traducirse en *mutaciones* de la especie, es imposible prever el alcance e importancia futura *material y moral*.
- 3) Los efectos son irreversibles, *irreparables*

#### Relación edad-radiosensibilidad

Sobre los efectos somáticos y genéticos, es de fundamental importancia tener presente que la *radiosensibilidad es inversa a la edad*:

+ . EMBARAZO – FETO  
 NIÑO  
 ADOLESCENTE  
 ADULTO  
 - ANCIANO

Esto explica la *hipersensibilidad de todos los tejidos fetales, que es* máxima particularmente durante los tres primeros meses del desarrollo, época durante la cual una relativa pequeña dosis de rayos absorbida (25 rades) puede ser suficiente para *provocar malformaciones*.<sup>(4)</sup>

Se indica también que la radioabsorción por el feto de dosis no exageradas puedan determinar ceguera y por otra parte, también, “debe tenerse siempre presente que, según los estudios de Alice Stewart, en el Reino Unido, los niños expuestos *in útero* a los rayos X, presentan un riesgo mayor de *leucemias y otras formas de cáncer* que los niños no expuestos” (Bobenrieth).<sup>(4)</sup>

Es conveniente destacar que, si bien las dosis dentales que llegan a la región abdominal son mínimas (de un orden promedio 0,6 a 0,06 rades), ya que la región en la cual opera el odontólogo, se encuentra alejada, las mismas al sumarse (acumulación) a otras dosis absorbidas, antes o después, de exámenes directos de la región abdominal, pueden actuar como dosis “desencadenantes” determinando la aparición de una afección de mayor o menor gravedad, según el caso. Las dosis dentales podrían, comparativamente, actuar como la gota de agua que hace rebasar el vaso.<sup>(4)</sup>



En la práctica, por lo tanto, debe tenerse especial cuidado con los niños, las mujeres embarazadas y de hecho con cualquier persona menor de 45 años (no por eso se descuidarán las de mayor edad).<sup>(4)</sup>

## **EFEECTO SOMÁTICO**

### **Efectos inmediatos**

Estos son llamados “inmediatos”, aunque puede haber un retardo de varios días antes de que se hagan aparentes. En la práctica odontológica es muy poco probable que haya dosis suficiente para el paciente o el operador para producir estos efectos.

En los días tempranos de la radiología, con accidentes y errores en las técnicas, las manos eran las primeras zonas que mostraban signos de enfermedad o de exceso de exposición, como eritema, resequedad, engrosamiento, descamación y fisuras.<sup>(7)</sup>

### **Efectos tardíos**

Las dosis bajas durante un lapso prolongado tienen efecto acumulativo y pueden producir también daño a la piel, incluyendo depilación e irritación para los ojos. Cuando son radiadas grandes zonas del cuerpo, el daño principal es para los órganos formadores de sangre, en especial a la médula ósea. Dicho daño puede conducir a anemia e inclusive leucemia y neoplasias.<sup>(7)</sup>

## **EFEECTO GENÉTICO**

Hay otros cambios producidos por la irradiación que no afectan la salud de la persona radiada, y no obstante, a la larga pueden ser más importantes que cualquier otro efecto de la radiación de rayos X. Estos son los cambios que pueden producirse en los cromosomas cuando las gónadas masculinas o femeninas son irradiadas.<sup>(7)</sup>

La información sobre los efectos genéticos ha sido adquirida por la observación de las víctimas de los accidentes de radiación o de explosiones nucleares y experimentos en animales. Se ha establecido que los genes pueden ser afectados directa e irreparablemente por la radiación.<sup>(7)</sup>

La radiación ionizante puede provocar mutaciones que, por lo general, son dañinas y que pueden estar asociadas con aborto, prematuridad, o alguna invalidez física o mental en el vástago. Es, por lo tanto, deseable el mantener las gónadas protegidas al máximo contra la radiación. Al respecto se requiere cuidado especial en radiología durante el embarazo, ya que los genes del feto son particularmente sensibles a la radiación.

Las radiografías son de considerable valor como herramientas diagnósticas. Sin embargo su valor debe ser balanceado contra el daño potencial que se puede causar durante su producción. La cantidad de radiación comprometida en una radiografía dental es pequeña cuando se utilizan medidas de protección adecuadas.<sup>(7)</sup>

## **PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

Muchos de los pioneros en radiología dental sufrieron los efectos adversos de la radiación, como se dijo antes; algunos de ellos perdieron dedos, miembros y casi sus vidas por dosis excesivas de la radiación. En la actualidad, los peligros de la radiación están documentados y se emplean medidas de protección para reducir la exposición del paciente y radiólogo dental. <sup>(5)</sup>

### **PROTECCIÓN DEL PACIENTE**

La radiación X causa cambios biológicos en las células vivas y efectos adversos en todos los tejidos. Con el uso de técnicas de protección adecuadas para el paciente es posible reducir la cantidad de radiación que recibe. Las técnicas de protección se utilizan antes, durante y después de la exposición a los rayos X. <sup>(5)</sup>

Antes de la exposición

Hay medidas de protección para el paciente antes de cualquier exposición a los rayos X; la prescripción adecuada de las radiografías y el buen uso del equipo que cumpla con las guías de radiación estatales y federales reduce la cantidad de radiación que recibe el individuo. <sup>(5)</sup>

### **PRESCRIPCIÓN DE LAS RADIOGRAFÍAS DENTALES**

El primer paso importante para limitar la cantidad de radiación X que recibe un paciente, es la prescripción u orden adecuada de radiografías. La persona responsable de prescribir las radiografías es el odontólogo, el cual utiliza su juicio profesional para tomar decisiones acerca del número, tipo y la frecuencia de radiografías. <sup>(5)</sup>

Cada alteración dental del paciente es diferente y en consecuencia es necesario evaluar a cada uno de manera individual; el examen radiográfico no debe incluir un número predeterminado de radiografías, ni tomar radiografías a intervalos predeterminados. Por ejemplo, el odontólogo que prescribe un número de radiografías (p. ej. cuatro de aleta mordible en un intervalo fijo, cada seis meses) para todo paciente, no está tomando en consideración las necesidades individuales de cada paciente. <sup>(6)</sup>

La American Dental Association y la Food and Drug Administration (FDA), adoptaron guías para la prescripción de número, tipo y frecuencia de radiografías dentales. Estas guías resumen las recomendaciones que fomentan la protección del paciente en la radiografía diagnóstica. <sup>(5)</sup>

### **EQUIPO ADECUADO**

Otro paso importante para limitar la cantidad de radiación que recibe un paciente es el uso del equipo correcto; la cabeza del tubo dental de rayos X debe estar equipada con filtros de aluminio, colimador de plomo y cono adecuados. <sup>(5)</sup>

## ***FILTRACIÓN***

Hay dos tipos de filtros empleados en la cabeza del tubo de rayos X: los de filtración inherente y los de filtración adicional. <sup>(5)</sup>

*Filtración inherente.* Esta se lleva a cabo cuando el haz primario pasa a través de la ventana de vidrio del tubo de rayos X, del aceite aislante y del sellado del tubo. La filtración inherente del aparato de rayos X es equivalente a cerca de 0.5 a 1.0 mm de aluminio. La filtración inherente sola no cumple las normas reguladas por las leyes estatales y federales en Estado Unidos; por lo tanto, se requiere filtración adicional.

*Filtración adicional.* Consiste en la colocación de discos de aluminio en la trayectoria del haz de rayos X, entre el colimador y el sello de la cabeza, en el aparato dental. Se agregan discos de aluminio a la cabeza del tubo en incrementos de 0.5 mm; el propósito es filtrar los rayos X de longitud de onda más larga y de baja energía, que son peligrosos para el paciente y no son útiles para la radiografía diagnóstica. La filtración del rayo produce mayor energía y mejor penetración del haz útil.

*Filtración total.* Las leyes estatal y federal en Estados Unidos regulan el grosor requerido de filtración total (la filtración inherente más la agregada): los aparatos de rayos X que operan a 70 kVp o menos requieren un mínimo total de 1.5 mm de filtros de aluminio y los aparatos que operan por arriba de 70 kVp requieren un mínimo total de 2.5 mm de filtros de aluminio. <sup>(5)</sup>

## ***COLIMACIÓN***

Se emplea para restringir el tamaño y la forma del haz de rayos X y reducir la exposición del paciente. Se ajusta un colimador o placa de plomo con un orificio en la mitad, directamente sobre la abertura del aparato de donde sale el haz de rayos X por la cabeza del tubo. <sup>(5)</sup>

El colimador puede tener una abertura redonda o rectangular; la rectangular restringe el tamaño del haz a un área ligeramente mayor que el tamaño de una película intrabucal del número 2 y reduce de manera importante la exposición del paciente. <sup>(3)</sup>

El colimador circular produce un haz en forma de cono que tiene 7 cm de diámetro, mucho mayor que el tamaño de una película intraoral del número 2. Cuando se utiliza un colimador circular las regulaciones federales de Estados Unidos requieren que el haz de rayos X se colime a un diámetro no mayor de 7 cm al salir del cono y que llegue a la piel del paciente. <sup>(5)</sup>

## ***DISPOSITIVO QUE INDICA LA POSICIÓN (CONO)***

Este aparato, o cono, es una extensión de la cabeza del tubo de rayos X y se utiliza para dirigir el haz; hay tres tipos básicos de cono:

- Cónico
- Rectangular

- Redondo <sup>(5)</sup>

El aditamento de forma cónica parece un cono de plástico cerrado en la punta; cuando los rayos X salen de él, penetran el plástico y producen radiación dispersa. Dicho tipo de cono ya no se usa en odontología para evitar el problema que causan tales radiaciones. En lugar de ello, se utiliza un cono de extremo abierto rectangular o redondo, revestido de plomo, que no produce radiación dispersa. <sup>(5)</sup>

Hay conos rectangulares y redondos de dos longitudes:

- Cortos (20 cm)
- Largos (40 cm)

Se prefiere el cono largo porque causa menos divergencia de los rayos X; de los tres tipos de conos, el rectangular es el más eficaz para reducir la exposición del paciente. <sup>(5)</sup>

### ***CILINDROS ABIERTOS***

Los conos de plástico localizadores no se están utilizando más, pues, junto con los filtros de aluminio y los tejidos blandos de los pacientes, constituían las principales fuentes de radiaciones secundarias. <sup>(4)</sup>

### ***PELÍCULAS ULTRA RÁPIDAS***

Fue lo que más se consiguió en términos de protección al paciente. Con las llamadas películas Radiatized, utilizábamos 4,5 segundos para una exposición de molares superiores. Hoy, con las películas ultra rápidas, con este tiempo de exposición podemos realizar una serie total de 14 radiografías. <sup>(4)</sup>

### ***PROTECCIÓN DE LAS GÓNADAS***

Niños, lactantes y pacientes en edad de mayor actividad concepcional, o sea, de los 18 a los 30 años, necesitan obligatoriamente de una protección de la región gonadal.

Las pacientes embarazadas no podrán recibir más de 1 Rem durante los dos primeros meses de embarazo. En el feto, la dosis máxima admisible será de 1 Rem a partir del momento en que el embarazo es constatado (dosis acumulativa). El tejido embrionario es muy sensible a los efectos de las radiaciones, al ser en aquel periodo cuando la célula pasa del estado embrionario para el estado adulto, es el periodo más sensitivo. En el embrión humano, esta transformación ocurre entre los días 18 y 38. Las dosis fraccionadas en este periodo serían más severas que las dosis simples, debido a la variedad de células que serán expuestas a la radiación. <sup>(4)</sup>

Un procedimiento obligatorio es el uso de delantales de plomo, que tengan como mínimo el equivalente a 0,25 mm de plomo en su constitución. Estos delantales deberán ser suficientemente largo, como para permitir realmente proteger las gónadas. <sup>(5)</sup>

Un dispositivo en forma de una placa de plomo, en forma de media luna, de colocación submentoniana, recubierta de madera, fue idealizado con el propósito de proteger las gónadas (Sonnabend). Su validez fue testada con dosimetría termoluminiscente, Lif (Varoli, O.J., (1980), ofreciendo a la tiroides mayor protección que los delantales de plomo. <sup>(4)</sup>

### ***UN BUEN EJERCICIO DE LAS TÉCNICAS INTRABUCALES***

Para evitar repeticiones, así como cuidados en el procesamiento radiográfico, son medidas recomendadas. Criterio en los pedidos de exámenes radiográficos, especialmente para niños y mujeres embarazadas, es otra norma que debe ser cumplida. <sup>(5)</sup>

Durante la exposición

Se aplican medidas de protección para el paciente no sólo antes de la exposición, sino también durante la misma; para ello se emplean aditamentos como el collar tiroideo, el mandil de plomo, las películas rápidas y aditamentos para sostener la película, cuya finalidad consiste en limitar la cantidad de radiación que recibe el paciente durante la exposición a los rayos X. La selección adecuada de los factores de exposición y una buena técnica, protegen al paciente de la exposición en exceso. <sup>(5)</sup>

### **COLLAR TIROIDEO**

El collar tiroideo es un escudo flexible hecho de plomo, el cual se asegura alrededor del cuello del paciente para proteger la glándula tiroides de la radiación dispersa. El plomo impide que la radiación alcance la glándula y protege sus tejidos, que son muy radiosensibles. Se encuentra disponible como un escudo separado o como parte del mandil de plomo. <sup>(4)</sup>

Por su localización, la glándula tiroides queda expuesta a la radiación X durante los procedimientos de radiografía bucal; por lo tanto, se recomienda el uso del collar con todas las películas intrabucles (que se colocan fuera de la boca); sin embargo, no se recomienda para tomar placas extrabucles (que se colocan fuera de la boca) porque oscurece el registro en la película y no permite obtener una radiografía diagnóstica. <sup>(4)</sup>

### **MANDIL DE PLOMO**

El mandil del plomo es un escudo flexible que se coloca sobre el pecho y regazo del paciente para proteger contra la radiación dispersa a los tejidos reproductores y formadores de sangre; el plomo evita que la radiación alcance estos órganos radiosensibles. Se utiliza con todas las películas intra y extrabucles; muchas leyes estatales en Estados Unidos obligan al uso de mandil de plomo en todos los pacientes. <sup>(5)</sup>

## **PELÍCULA RÁPIDA**

Es uno de los métodos más eficaces para reducir la exposición del paciente a los rayos X; las películas rápidas están disponibles para radiografías intra y extrabucal. La de velocidad E o Ektaspeed es la película intrabucal más rápida disponible; antes de su aparición, la más rápida era la de velocidad D o Ultra-Speed. La de velocidad E es dos veces más rápida que la D y requiere sólo la mitad del tiempo de exposición. <sup>(5)</sup>

## **ADITAMENTOS PARA SOSTENER LA PELÍCULA**

Estos aditamentos también son eficaces para reducir la exposición del paciente a la radiación; ayudan a estabilizar la película colocada dentro de la boca y reducen las probabilidades de que se mueva. Además, evitan que el paciente sostenga la película y por lo tanto, que exponga sus dedos a una radiación innecesaria. <sup>(5)</sup>

## **SELECCIÓN DE FACTORES DE EXPOSICIÓN**

Esta selección también limita la cantidad de exposición recibida por el paciente; el radiólogo puede controlar los factores de exposición al ajustar el kilovoltaje máximo, el miliamperaje y los tiempos en el módulo de control del aparato. El empleo de 70 a 90 kVp mantiene al mínimo la exposición del paciente. En algunas unidades dentales de rayos X el kilovoltaje máximo y el miliamperaje están predeterminados por el fabricante y no se pueden ajustar. <sup>(5)</sup>

## **TÉCNICA ADECUADA**

La técnica correcta ayuda a asegurar la calidad diagnóstica de las películas y reducir la cantidad de radiación a la que se expone al paciente; cuando la placa tomada no sirve para diagnóstico, se debe tomar otra vez; esto ocasiona exposición adicional del paciente a la radiación; *es necesario evitar tomas repetidas.* <sup>(5)</sup>

Para obtener radiografías diagnósticas, se requiere un conocimiento minucioso de las técnicas utilizadas con frecuencia en radiología dental, que son la técnica de paralelismo, la de bisectriz y la de aleta mordible. Además de saber cómo exponer cada película con el empleo de estas técnicas, una buena ejecución requiere una rutina organizada para tomar las placas. <sup>(5)</sup>

Después de la exposición

La función del radiólogo en la limitación de la cantidad de rayos X que recibe el paciente, no termina con la exposición; después de exponer las películas hay que manejarlas y procesarlas. La manipulación meticulosa y el procesamiento adecuado son cruciales para obtener una radiografía diagnóstica de alta calidad. <sup>(5)</sup>

## **MANEJO ADECUADO DE LA PELÍCULA**

Para obtener placas diagnósticas y limitar la exposición del paciente a los rayos X, el manejo cuidadoso es de suma importancia, desde el momento en que se toman las radiografías hasta que se

procesa la película; si el manejo de la película es inadecuado, se pueden ocasionar artefactos en las placas y ocasionar que no resulten diagnósticas; en consecuencia, se tendrá que volver a tomarlas, con lo que se expondrá al paciente a radiación excesiva. <sup>(5)</sup>

## **PROCESAMIENTO ADECUADO DE LA PELÍCULA**

El procesamiento (revelado) adecuado de la película también es necesario para obtener radiografías diagnósticas y limitar la exposición del paciente a los rayos X. Cuando es inadecuado, puede generar placas que no resultan diagnósticas, se deberá tomarlas de nuevo y exponer innecesariamente al paciente a la radiación. <sup>(5)</sup>

## **PROTECCIÓN DEL OPERADOR**

El radiólogo dental debe tomar medidas de protección adecuadas para evitar la exposición ocupacional a la radiación (p. ej., radiación primaria, radiación de escape, radiación dispersa). El uso de técnicas adecuadas para protección del operador reduce a un mínimo la dosis de radiación que recibe el radiólogo. Las medidas incluyen seguir las guías de protección del operador y utilizar aditamentos para vigilancia de radiación. <sup>(5)</sup>

Guías de protección para el operador

La finalidad de estas guías, es proporcionar al radiólogo dental, la información de seguridad básica que necesita cuando trabaja con radiación X. Estas guías se basan en la siguiente regla: *el radiólogo dental debe evitar el rayo primario*; incluye recomendaciones de distancia, posición y protección. <sup>(5)</sup>

## **RECOMENDACIONES DE DISTANCIA**

Una de las maneras más eficaces para que el operador evite el rayo primario y limite su exposición a los rayos X, es mantenerse a una distancia adecuada durante la exposición; debe estar parado por lo menos a dos metros de la cabeza del tubo de rayos X durante la exposición. Cuando no es posible alejarse a esta distancia, se recomienda utilizar una barrera de protección. <sup>(5)</sup>

## **RECOMENDACIONES DE UBICACIÓN**

Otra manera importante de que el operador evite el rayo primario es mantener la posición adecuada durante la exposición a los rayos X; para evitar el rayo primario (que viaja en línea recta), debe estar colocado perpendicularmente al rayo o en un ángulo de 90 a 135 grados. <sup>(5)</sup>

La posición adecuada del operador también incluye lo siguiente:

- El radiólogo *nunca* debe sostener la película en la boca del paciente durante la exposición a los rayos.
- El radiólogo dental *nunca* debe sostener la cabeza del tubo durante la exposición a los rayos. <sup>(5)</sup>

## RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN

La protección adecuada puede reducir en gran medida la exposición ocupacional del radiólogo dental. Las barreras de protección que absorben el rayo primario, se incorporan en el diseño del consultorio y así protegen al operador contra las radiaciones primarias y dispersas. Siempre que sea posible, se debe colocar detrás de una barrera de protección, como una pared, durante la exposición a los rayos. El diseño de la mayor parte de los consultorios odontológicos incluye: escudos adecuados en las paredes con el uso de materiales de construcción normales de varios espesores, como una pared sólida.<sup>(5)</sup>

### Vigilancia de radiación

Esta vigilancia también se puede utilizar para proteger al radiólogo e incluye la monitorización del equipo y el personal; esta medida permite identificar una exposición ocupacional excesiva.<sup>(5)</sup>

### VIGILANCIA DEL EQUIPO

Es necesario revisar los aparatos dentales de rayos X para verificar que no tengan fugas de radiación, la radiación de escape es cualquiera, con excepción del haz primario, que emita de la cabeza del tubo dental. Por ejemplo, si la cabeza del tubo tiene el sello defectuoso, habrá radiación de escape. Es posible monitorizar el equipo mediante el uso de un dispositivo de película que se puede obtener en el State Health Departamento, con los fabricantes del equipo de rayos X.<sup>(5)</sup>

### VIGILANCIA PERSONAL

La cantidad de radiación X que llega al cuerpo del radiólogo, se puede medir con un aditamento de vigilancia personal conocido como dosímetro, el cual se puede obtener de la compañía de servicio de dosímetros.

El dosímetro de película es una pieza de película radiográfica en un soporte plástico. Cada radiólogo debe tener la suya; se utiliza al nivel de la cintura, siempre que el operador exponga películas. Cuando no se usan, se almacenan en un área segura sin radiación; *nunca* se debe utilizarlas cuando el radiólogo se expone a rayos X.

Después de que el dosímetro, de película se usa por un intervalo específico (p. ej. una semana, un mes), se regresa a la compañía de servicio que la procesa y evalúa para comprobar la exposición y proporcionar al consultorio un informe de exposición para cada radiólogo.<sup>(5)</sup>



## GUÍAS DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN

Todas las radiaciones X son peligrosas; para proteger al paciente y al operador de la exposición se establecieron unas guías, que incluyen legislación de seguridad contra radiación y límites de exposición para el público general y para personas que se exponen de manera ocupacional. Para todos los radiólogos dentales es obligatorio seguir de manera estricta estas guías.<sup>(5)</sup>

### Legislación de seguridad contra radiación

Esta legislación se estableció en Estados Unidos, a niveles estatal y federal, para proteger al paciente, el operador y el público en general de los peligros de la radiación. A nivel federal, en 1968 se promulgó la Radiation Control for Health and Safety Act para normar el funcionamiento del equipo de rayos X. También a nivel federal, se estableció la Consumer-Patient Radiation Health and Safety Act, en 1981, con temas de educación y certificación a personas que utilizan el equipo radiográfico.<sup>(5)</sup>

La legislación sobre radiaciones varía en gran medida de un estado a otro, en Estados Unidos; el radiólogo dental debe estar familiarizado con las leyes que se aplican en la ciudad donde trabaja. Por ejemplo, en algunos lugares, antes de que el radiólogo pueda exponerse a los rayos X, tiene que completar con éxito un examen de seguridad contra radiación.<sup>(5)</sup>

### Dosis máxima permisible

Las normas de protección contra la radiación obligan a una dosis máxima de radiación que un individuo puede recibir. La dosis máxima permisible (DMP) se define por el National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), como la dosis máxima equivalente que el cuerpo puede recibir en un periodo específico. La DMP es la dosis de radiación que el cuerpo puede soportar con poca o ninguna lesión.<sup>(5)</sup>

Actualmente se considera que una persona *mayor de 18 años* puede ser expuesta sin peligro, para la totalidad de su cuerpo, gónadas, órganos formadores de la sangre y cristalino, a un:

promedio de 0,1 R por semana,  
sin pasar de 3 R en 13 semanas (3 meses),  
llegando sólo a 5 R como máximo total anual.

Esta dosis es la máxima permisible o MDP

En 1987, 1991, y 1993, el NCRP publicó la serie completa de recomendaciones básicas que especifican los límites de exposición a radiaciones ionizantes. En el informe más reciente se establece que la DMP actual para personas que sufren exposición en su trabajo o quienes laboran con radiaciones (p. ej., radiólogos dentales) es de 5.0 rem/año (0.05 Sv/año). Para personas no sometidas a exposición profesional, la DMP actual es de 0.1 rem/año (0.001 Sv/año) y esta misma dosis máxima permitida rige para embarazadas que afrontan exposición en su trabajo.<sup>(5)</sup>

### **Dosis máxima acumulada**

Los trabajadores expuestos de manera ocupacional no deben exceder una dosis de radiación acumulada en el transcurso de su vida; ésta se conoce como dosis máxima acumulada (DMA), que se determina con una fórmula basada en la edad del trabajador. Para determinarla, se realiza de la siguiente manera:

$$\text{DMA} = (N - 18) \times 5 \text{ rem/año}$$

$$\text{DMA} = (N - 18) \times 0.05 \text{ Sv/año}$$

Donde N representa la edad de la persona en años. (Note que el número 18 representa la edad mínima requerida para personas que trabajan con radiación). <sup>(5)</sup>

### **Concepto ALARA**

Este concepto establece que toda la exposición a la radiación se debe mantener a un mínimo o “tan bajo como sea posible y razonable” (ALARA son las siglas de la frase en inglés: *as low as reasonably achievable*). Para proporcionar protección a pacientes y operadores, es necesario emplear todo método posible para reducir la exposición a la radiación con el fin de aminorar el riesgo. <sup>(5)</sup>

## **PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN Y EDUCACIÓN DEL PACIENTE**

Los pacientes a menudo tienen preguntas acerca de la exposición a la radiación; el radiólogo debe estar preparado para contestarlas y educarlo acerca de los temas de protección contra la radiación, puede ser mediante una conversación informal o con material impreso. <sup>(6)</sup>

El radiólogo debe estar preparado para explicar de manera exacta cómo proteger a los pacientes antes, durante y después de la exposición a las radiaciones. Se puede mantener una plática informal mientras que el profesional prepara al paciente para la exposición a los rayos X. Por ejemplo, mientras coloca el mandil de plomo y el collar tiroideo al paciente, se pueden hacer los siguientes comentarios:

“Antes de que empecemos, déjeme decirle que nuestro consultorio hace todo lo posible para protegerlo de la radiación innecesaria”. <sup>(5)</sup>

“Antes de exponerlo a cualquier radiación, el odontólogo acostumbra ordenar los rayos X con base a las necesidades individuales de cada paciente; el equipo que se utiliza se prueba con frecuencia para verificar que cumpla las guías de seguridad de radiación estatales y federales.” <sup>(5)</sup>

“Durante la exposición a los rayos X, empleamos un collar tiroideo y un mandil de plomo para proteger su cuerpo contra radiación en exceso. Usamos las películas más rápidas disponibles y un aparato para sostenerlas de manera que sus dedos no estén expuestos a la radiación. También utilizamos una buena técnica para evitar cometer errores que requieran exposiciones adicionales”.

<sup>(5)</sup>

Incluso después de que tomamos la película, hay pasos para procesarla con cuidado de manera que no sea necesario volverla a tomar. Espero que esta revisión rápida de las técnicas de protección contra radiación haya contestado alguna de las preguntas que pudiera tener acerca de los rayos X.<sup>(5)</sup>

Además de esta plática informal, también se pueden poner a disposición del paciente folletos impresos o panfletos que muestren los pasos utilizados para proteger a los pacientes de la radiación en exceso; se pueden colocar en el área de recepción o en la habitación donde se toman las radiografías.<sup>(5)</sup>

### **ASPECTOS PRÁCTICOS EN LA PROTECCIÓN DE LOS RAYOS X**

El efecto de la radiación en los tejidos depende de la energía radiante absorbida por los tejidos. El grado de riesgo de la radiación, se puede apreciar midiendo la cantidad de radiación absorbida. En la radiología dental esto se logra mediante el uso. La unidad de una dosis absorbida de radiación, en dosimetría ha sido por muchos años el *rad*. En razón de estudiar la protección a la radiación se desarrolló una unidad posterior – el *red*. Este es una unidad que incorpora un factor asociado con los varios tipos de efectividad biológica de la radiación.<sup>(7)</sup>

Sin embargo, para el uso de los rayos X en radiografías dentales este factor es unidad.

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ rad en radiología dental}$$

Un rem es una unidad relativamente grande y usualmente se emplea una unidad más práctica llamada milirem (m rem).

$$1 \text{ m rem} = 1/1,000 \text{ rem}$$

### **DISTRIBUCIÓN DE LA DOSIS (paciente-profesional)**

En la práctica odontológica, deben controlarse las siguientes dosis:

#### **RESPECTO DEL PACIENTE**

Dosis facial o dosis de entrada

La determinan los *rayos primarios* que recibe la cara (piel, cuero cabelludo) directamente desde el foco, más una menor cantidad de rayos secundarios retrógrados originados en los tejidos subcutáneos y también los rayos secundarios originados en el *colimador*, cuando éste no sea el indicado (cónico de plástico). Además de la dosis piel de entrada, deben considerarse también la *dosis piel de salida* y entre ambas, la dosis profunda (Wainwright).<sup>(5)</sup>

Dosis gonadal

Está representada por los rayos secundarios que, emitidos por la nariz, mandíbula (cabeza) del paciente y aun del centralizador plástico, llegan a través del aire a la región subabdominal (testículos, ovarios). Respecto de esta dosis debe tenerse en cuenta además que:

a) *Es mayor en el niño* que en el adulto (siendo el dorso más corto, la distancia a la región subabdominal es menor en el niño).

b) *Es mayor en el sexo masculino* que en el femenino (a causa de que los testículos están más cerca de la piel que los ovarios).

En el *adulto masculino*, la exposición de la región gonadal correspondería a 1/10.000 del total de la dosis facial (Richards) y a su vez para *el sexo femenino* en condiciones similares de exposición) a 1/5 de la masculina (Alcox).

Respecto a la dosis gonadal es importante que se tenga presente, que la misma, puede aumentar peligrosamente, en los procedimientos en los cuales los rayos primarios lleven directamente a la región gonadal. <sup>(5)</sup>

## RESPECTO DEL PROFESIONAL Y PERSONAL AUXILIAR

### Dosis profesional

Está formada principalmente por los *rayos secundarios* y *por escape* que llegan al cuerpo del profesional o personal auxiliar cercano.

En los casos desgraciados en que estas personas, por negligencia o ignorancia, se expongan parcial o totalmente a los *rayos del haz primario*, esta dosis aumentará muy peligrosamente.

### Exposición “aguda” y “crónica”

Aquí se dará la explicación de por qué se puede exponer el paciente al haz primario (“chorro”) y por qué no debe exponerse el profesional. El paciente representa *factor transitorio* (exposición aguda) a quien necesariamente se debe exponer (radiografía) a una dosis de rayos primarios, que por todos los medios posibles debe tratarse sea lo mínima posible, en cambio el profesional (y p.a.) representa *factor permanente* (exposición crónica) y está expuesto diariamente a variables dosis de radiación secundaria, cuya suma o acumulación debe tratarse, también por todos los medios posibles, reducir al mínimo y exponer al haz primario, es hacer exactamente lo contrario.

(4)

## UNIDADES Y MEDIDA DE LA CANTIDAD DE RAYOS

Para medir la cantidad de rayos X, se utilizan unidades biológicas y físicas.

### Dosis eritema

La unidad biológica está representada por la clásica dosis eritema, o sea la cantidad capaz de provocar el *enrojecimiento de la piel*; a pesar de ser una unidad empírica bastante imprecisa, a causa, entre otras, de las variaciones individuales (idiosincrasia), su comprobación (aparición), particularmente en el paciente dental, es índice de que éste ha absorbido una cantidad peligrosa.

Entre las unidades físicas se encuentran las siguientes:

El Roentgen internacional o R, como unidad de exposición. Corresponde a la cantidad de radiación X capaz de liberar por ionización de 0,001293 gramos de aire una unidad electrostática (0,001293 gramos equivalen a la masa de 1 cm<sup>2</sup> de aire seco a 0°C y a 760mm de presión).

Frecuentemente se utiliza el miliRoentgen, o sea, la milésima parte de R.

EL RAD (de Roentgen Absorbed Dosis), como unidad de radiación absorbida (de cualquier radiación ionizante y en cualquier medio). Representa una absorción de energía de 100 ergios por gramo; frente al cuerpo (mezcla de tejidos duros y blandos), puede considerarse equivalente al Roentgen o R.

EL REM (de Roentgen-Equivalent-Man) corresponde a la cantidad de cualquier radiación ionizante que produzca el mismo efecto biológico en el hombre y mamíferos, que el producido por la absorción de 1 R de rayos X o gamma.

EL RBE (de Relative-Biologic-Effectiveness). La comparación entre dos radiaciones ionizantes respecto de la capacidad para producir un efecto similar, se conoce como “RBE”. Tal relación se expresa ordinariamente por números entre 1 y 10.

EL mA/s (miliamperio/segundo) constituye la “unidad” práctica de emisión. <sup>(4)</sup>

### **PROTECCIÓN ANTIRAYOS X – MEDIOS FÍSICOS DE PROTECCIÓN PARA EL PACIENTE Y EL PROFESIONAL**

El manejo racional de los rayos X, esto es, el control de ellos mediante una serie de medios físicos de protección, permite, sobre todo en la profesión dental, actuar dentro de límites prácticamente inocuos. Tales medios son los siguientes:

Para el paciente

- 1) Filtración
- 2) Diafragmación – colimación
- 3) Reducción de la exposición
- 4) Aumento de kilovoltaje
- 5) Aumento de la distancia foco-piel
- 6) Pantallas antirrayos X <sup>(4)</sup>

Para el profesional y personal auxiliar

- 1) Evitar el haz primario
- 2) Pantallas antirrayos X
- 3) Distancia <sup>(4)</sup>

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

1. Determinar el conocimiento que tienen los odontólogos de la practica general sobre medidas de protección (tanto para el operador como para el paciente), en la utilización de rayos X en sus clínicas privadas de la Ciudad de Guatemala 2009.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 1.1. Determinar si los odontólogos poseen el conocimiento adecuado sobre medidas de protección para el uso de los rayos X.
- 1.2. Determinar si los odontólogos aplican correctamente el conocimiento sobre medidas de protección al utilizar los rayos X.
- 1.3. Establecer qué medidas preventivas son las que más utilizan los odontólogos para el uso de los rayos X.

**Independientes:**

- ✓ Porcentaje o aplicación de conocimientos de medidas de protección al utilizar rayos X.

**Dependiente:**

- ✓ Utilización o uso de los Rayos X.

**DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES****Independiente:**

- Medio de Evaluación:

En el presente estudio se tomó como medio de evaluación el conocimiento y aplicación de medidas de protección al utilizar los rayos X.

**Dependiente:**

- Rayos X:

Paquetes de energía sin peso (fotones) ni carga eléctrica, que viajan en forma de ondas con una frecuencia específica y a la velocidad de la luz. Los fotones de los rayos X interactúan con los materiales que penetran y causan ionización.

## **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó de la siguiente forma:

1. Definición de la población de estudio.
2. Diseño y tamaño de la muestra.
3. Definición de los criterios de inclusión y exclusión del estudio.
4. Realización del trabajo de campo que incluye:
  - 4.1, Consentimiento informado
  - 4.2. Encuestas
  - 4.3 Trifoliar de información sobre medidas de protección al utilizar los Rayos X.
5. Análisis de datos.
6. Presentación y discusión de resultados

### **1. DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población de estudio estuvo constituida por todos los odontólogos generales, que ejercen en las Ciudad de Guatemala; la cual fue integrada de acuerdo al listado oficial de colegiados activos que brindó el Colegio Estomatológico de Guatemala.

### **2. DISEÑO Y TAMAÑO DE LA MUESTRA**

La presente investigación utilizó la selección aleatoria de los odontólogos de práctica general que tienen sus clínicas dentales en la ciudad de Guatemala, la cual se obtuvo del listado oficial que brindó el Colegio Estomatológico de Guatemala, el cual se realizó en el año 2009, siendo un estudio de tipo descriptivo. Para seleccionar la muestra, se utilizó la siguiente fórmula.



### **Fórmula para la selección de la muestra:**

$$N = \frac{N p q}{(N-1) (Le^2/4) + pq} =$$

N= Tamaño de la población

P= Proporción esperada

Q= Complemento, 1-p

Le= Límite de error con respecto a la población

### **3. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN DEL ESTUDIO.**

#### **3.1. Criterios de inclusión**

Odontólogos que:

- ✓ Ejercieran la profesión.
- ✓ Ejercieran la práctica general.
- ✓ Estuvieran anuentes a colaborar y participar mediante el consentimiento informado y comprendido.
- ✓ Tuvieran sus clínicas privadas en la ciudad de Guatemala,
- ✓ Posean aparato de rayos X.

#### **3.2. Criterios de Exclusión**

Odontólogos:

- ✓ Con práctica general que no deseara colaborar para el estudio
- ✓ Especialistas.
- ✓ Jubilados del ejercicio profesional.
- ✓ Que tuvieran su clínica privada en una ubicación diferente al estudio.
- ✓ Que no posean aparato de rayos X.

#### **4. REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO**

➤ **Consentimiento Informado:**

Presentación con los odontólogos (as) que formaron parte de la muestra para el estudio, se les informó sobre el tema de estudio, del que se les brindó información y solicitó autorización para participar con el estudio, se les explicó que la información se manejaría con estricta confidencialidad y que si deseaban no continuar o abandonar en cualquier momento la investigación, podrían hacerlo sin ningún inconveniente. Luego de haber firmado el consentimiento informado, se procedió a realizar la encuesta. (Ver anexos)

➤ **Encuesta:**

Se elaboró una encuesta, la cual que se les pasó a los odontólogos (as) de cada clínica, que ejercen en la ciudad de Guatemala, que fueron elegidos en la muestra. Con ella se evaluó el conocimiento que tienen los Odontólogos de práctica general sobre medidas de protección (tanto para el operador como para el paciente), en la utilización de rayos X en sus clínicas privadas de la ciudad de Guatemala 2009, la cual constó de 5 interrogantes de completación. (Ver anexos)

➤ **Se entregó material informativo sobre medidas de prevención.( ver anexos)**

#### **5. ANÁLISIS DE DATOS**

La información que se obtuvo, se trató y procesó mediante un análisis estadístico, que permitió la obtención de cuadros y gráficas que fueron de utilidad para presentar los resultados. Así mismo, con lo anterior, se llegó a las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

## **RECURSOS**

### **MATERIALES:**

- ✓ Computadora
- ✓ Cd's y USB
- ✓ Último censo poblacional de odontólogos en el país realizado en el año 2000.
- ✓ Listado oficial de colegiados activos que ejercen en la ciudad de Guatemala, proporcionado por el Colegio Estomatológico de Guatemala.
- ✓ Hojas de papel
- ✓ Lápiz
- ✓ Borrador
- ✓ Lapicero

### **RECURSOS HUMANOS:**

- ✓ Investigadora Odontóloga Practicante
- ✓ Odontólogos (as) que realizan práctica general.
- ✓ Asesores

## **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En la presente investigación, la muestra fue obtenida en forma aleatoria, de acuerdo a las listas oficiales que proporcionó el Colegio Estomatológico de Guatemala, la misma fue integrada por 92 odontólogos de práctica general, para abordar el tema sobre el conocimiento de las medidas de protección (tanto para el paciente como para el operador), en la utilización de rayos X en sus clínicas privadas de la ciudad de Guatemala.

De los 92 odontólogos que fueron encuestados, se estableció que 87 (94.56%), respondieron que sí conocen los daños biológicos que puede provocar el uso inadecuado de los rayos X y el restante de la muestra (5 = 5.43%), respondieron no conocer los daños biológicos provocados por uso inadecuado de los rayos X.

Se estableció el conocimiento que tienen los odontólogos con base a lo mencionado en un listado sobre los daños biológicos que son provocados por el uso inadecuado de la radiación, siendo el listado, el siguiente: leucemia, anemia, esterilidad, aborto, dermatitis, alopecia, cataratas, cáncer en la tiroides, sequedad, fisuras y carcinoma en dedos, daño celular y daños en el feto.

Asimismo, se estableció, con base a la muestra de 92 odontólogos, que el 98.91% (91), si conocen las medidas de protección para los pacientes al utilizar los rayos X y el 1.09% (1) no las conoce.

Los resultados del conocimiento de éstas, se determinó con base a las medidas de protección para el paciente en la clínica dental, las cuales se mencionan a continuación: radiografías dentales (número, tipo y frecuencia ), evaluación de necesidad individual para cada paciente, equipo adecuado (filtros, colimador y conos adecuados, rectangular o redondo), gabacha de plomo, collar tiroideo, película rápida, aditamentos para sostener la película (XCP), manejo adecuado de la película, procesamiento adecuado de la película (revelado) y educación al paciente.

De la muestra, también se estableció que el 97.98% (90 odontólogos) sí conocen las medidas de protección personal, el 1.09% (1) no las conoce y el 1.09% (1), no respondió.

Los resultados se evaluaron con las siguientes medidas de protección personal al utilizar los rayos X:

- Distancia de 2 metros,
- Ubicación (perpendicular al rayo o en un ángulo de 90 a 135 grados),
- Pared sólida (concreto),
- Pared plomada,
- Dosímetro,
- Gabacha de plomo,
- Collarín tiroideo,
- Vigilancia de equipo (verificar de fugas de radiación).

**CUADRO No. 1**  
**NÚMERO DE ODONTÓLOGOS QUE FUERON ENTREVISTADOS EN DIFERENTES**  
**ZONAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**  
**SEPTIEMBRE, 2009**

ZONAS	# DE ODONTÓLOGOS
1	14
2	4
3	4
4	5
5	2
7	6
8	1
9	10
10	18
11	12
13	1
14	2
15	5
17	1
18	2
19	3
21	2

**Fuente:** datos obtenidos en trabajo de campo, septiembre de 2009.

**INTERPRETACIÓN DEL CUADRO No. 1**

El número de odontólogos entrevistados en diferentes zonas de la ciudad de Guatemala, durante el mes de Septiembre 2009, fue de 92 en total; siendo la zona 1 (14), la 9 (10), la 10 (18), la 11 (12), con base a la muestra tomada, en donde más odontólogos fueron entrevistados y, en donde menos se entrevistaron fue en la 13 (1) y la 17 (1).

**CUADRO No. 2**  
**PORCENTAJE DE ODONTÓLOGOS ENTREVISTADOS EN LA CIUDAD DE**  
**GUATEMALA, SEGÚN SEXO.**

No. de odontólogos	Sexo	% de muestra
49	Femenino	53.26
43	Masculino	46.74
92	← TOTALES →	100

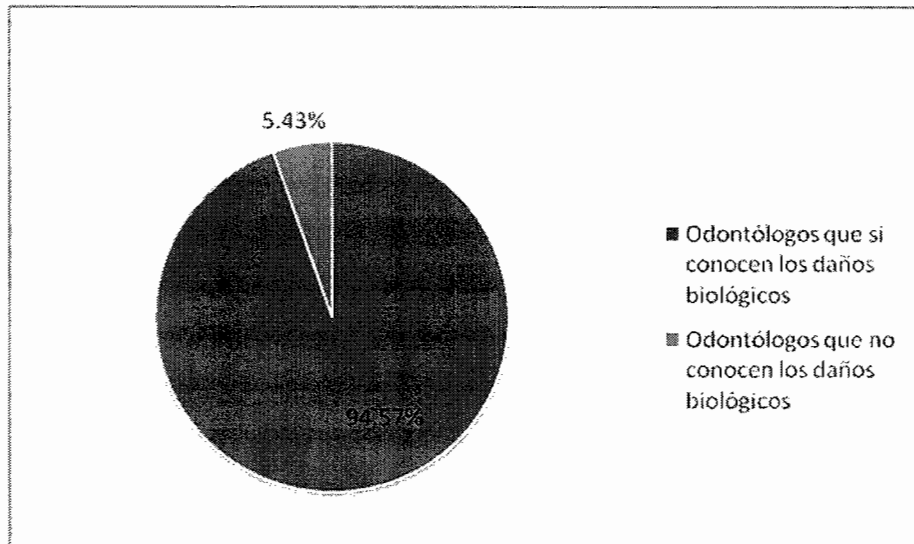
Fuente: datos obtenidos en trabajo de campo, septiembre de 2009.

#### INTERPRETACIÓN DEL CUADRO No. 2

La muestra de odontólogos entrevistados en la ciudad de Guatemala fue de 92, siendo de dicho total 49 odontólogas que representa el 53.26% de la muestra del sexo femenino y 43 odontólogos que representan el 46.74% de la muestra del sexo masculino.

### GRÁFICA No. 1

#### PORCENTAJE DE ODONTÓLOGOS QUE CONOCEN LOS DAÑOS BIOLÓGICOS QUE PROVOCA EL USO INADECUADO DE LOS RAYOS X



Fuente: datos obtenidos en trabajo de campo, septiembre del 2009.

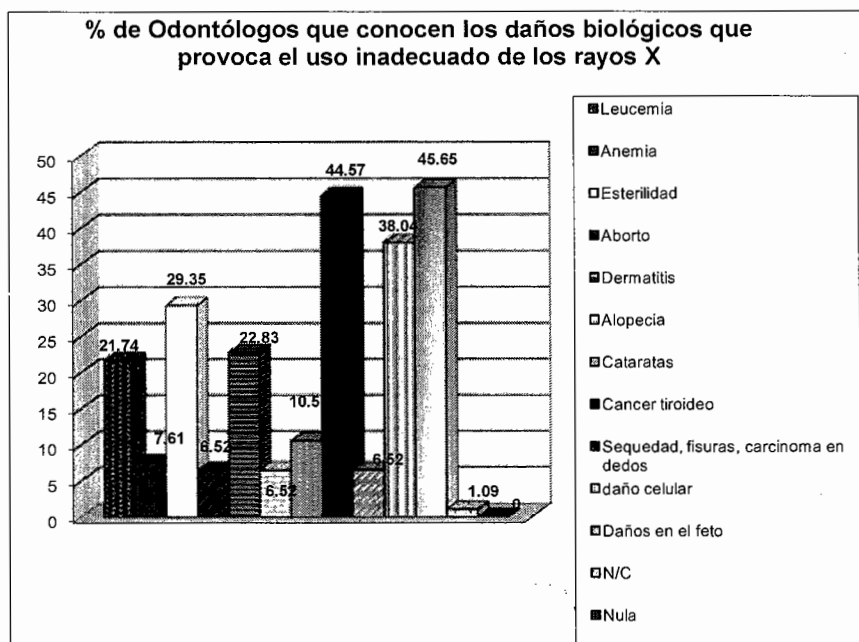
#### INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA No. 1

Se puede observar: que de la totalidad de odontólogos entrevistados (92), 87 que representa el 94.57% de la muestra, sí conocen los daños biológicos que produce el uso inadecuado de los rayos X y 5 de ellos, o sea el 5.43%, no conoce los daños biológicos que provoca el uso inadecuado de los rayos X .



## GRÁFICA No. 2

### PORCENTAJE DE ODONTÓLOGOS QUE CONOCEN LOS DAÑOS BIOLÓGICOS QUE PROVOCA EL USO INADECUADO DE LOS RAYOS X

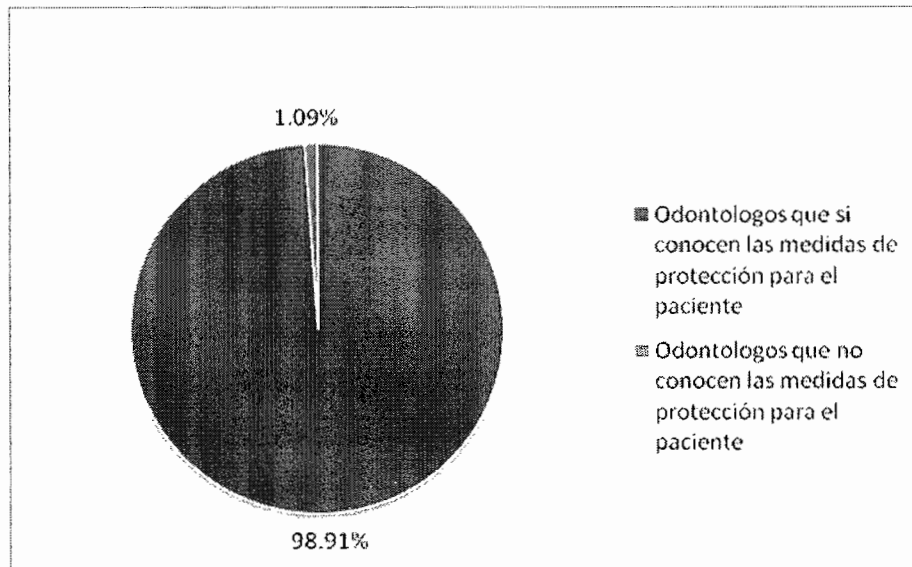


Fuente: Datos obtenidos durante el trabajo de campo, septiembre de 2009.

### INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA No. 2

Se puede observar que las respuestas brindadas por los odontólogos a cerca del conocimiento de los daños biológicos que puede causar el uso inadecuado de los rayos X, 20 contestaron que puede producir leucemia (21.74%), 7 anemia (7.61%), 27 esterilidad (29.35), 6 aborto (6.52), 21 dermatitis (22.83%), 6 alopecia (6.52), 10 cataratas ((10.87), 41 cáncer en la tiroides (44.57%), 6 dermatitis, fisuras y carcinoma en dedos (6.52%), 35 daño celular (38.04%), 42 daños en el feto (45.65%), uno no respondió, y hubo una respuesta nula.

**GRÁFICA No. 3**  
**CONOCIMIENTO QUE TIENEN LOS ODONTÓLOGOS SOBRE LAS MEDIDAS DE**  
**PROTECCIÓN PARA EL PACIENTE, AL UTILIZAR LOS**  
**RAYOS X EN SUS CLÍNICAS PRIVADAS**

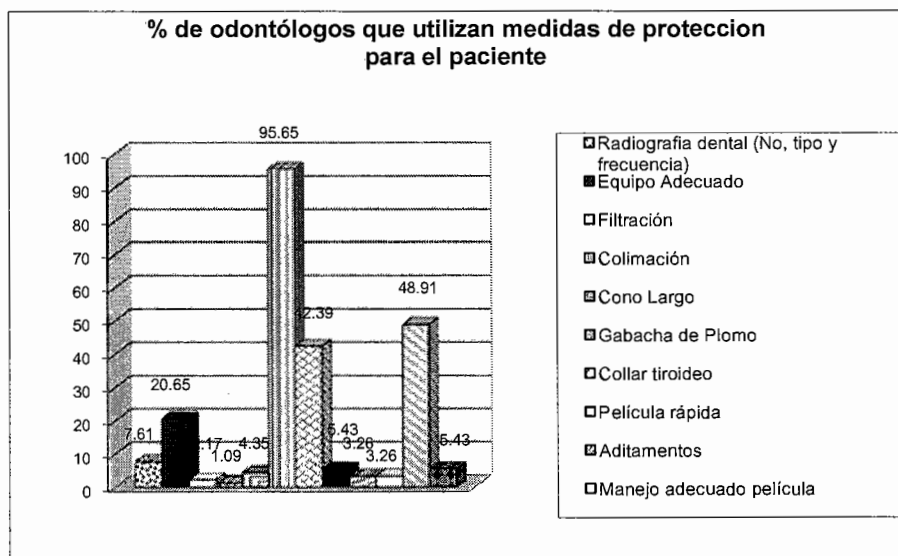


**Fuente:** datos obtenidos durante el trabajo de campo, septiembre de 2009.

**INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA No. 3**

Se presenta en esta gráfica, en porcentajes, el conocimiento que tienen los odontólogos sobre las medidas de protección para el paciente al utilizar los rayos X en su clínica privada, de los 92 odontólogos entrevistados: 91 respondieron que sí conocen las medidas de protección para el paciente, lo cual representa el 98.1% de la muestra. El 1.09% (un odontólogo), indicó que no conoce las medidas de protección.

**GRÁFICA No. 4**  
**MEDIDAS DE PROTECCIÓN QUE UTILIZAN LOS ODONTÓLOGOS DE PRÁCTICA GENERAL EN SUS CLÍNICAS PRIVADAS PARA LA ATENCIÓN DE SUS PACIENTES, AL MOMENTO DE HACER USO DE LOS RAYOS X**

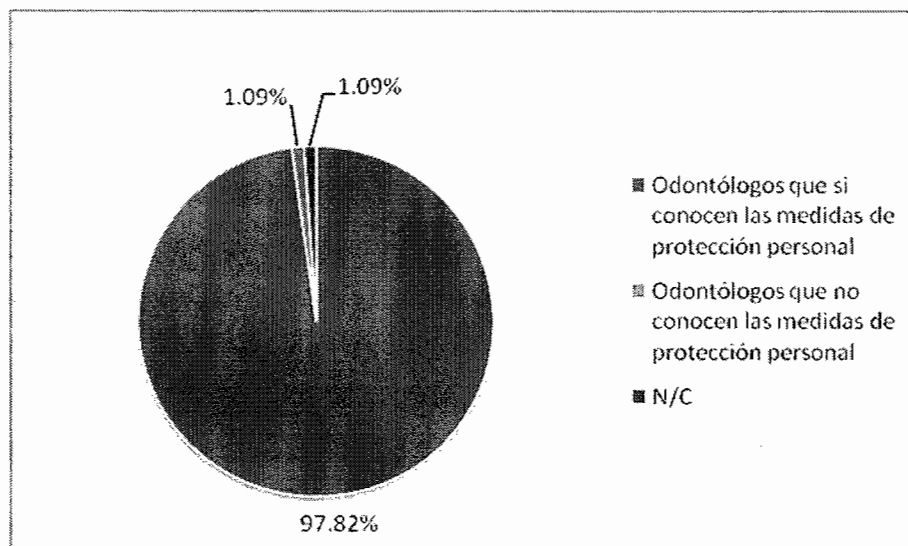


**Fuente:** datos obtenidos durante el trabajo de campo, septiembre de 2009.

**INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA No. 4**

Se presenta en la gráfica, el porcentaje de odontólogos que utilizan medidas de protección y cuáles deben ser consideradas: 7 respondieron que el número, tipo y frecuencia de las radiografías dentales se debe siempre tomar en cuenta en forma particular para cada paciente y que ello lo utilizan como una medida de protección, 19 respondieron que la utilización de un equipo adecuado es importante como medida de protección (20.65%), 2 respondieron que la filtración es importante (2.17%), 1 respondió que la colimación es necesaria para reducir la radiación (1.09%), 4 contestaron que utilizan el cono largo de 40 cms. y es una medida importante de protección, 88 odontólogos utilizan la gabacha de plomo como la mejor medida de protección (95.65%), 39 odontólogos utilizan el collar tiroideo ya que este va unido a la gabacha de plomo (42.39%), 5 respondieron que utilizan películas rápidas (5.43%), 3 utilizan aditamentos para toma de radiografías (XCP), que representa el (3.26%), 5 respondieron que la educación la utilizan como medida de protección (5.43%), no hubo mención de la utilización del procesamiento de la película como medida de protección personal.

**GRÁFICA No. 5**  
**PORCENTAJE DE ODONTÓLOGOS QUE CONOCEN LAS MEDIDAS DE**  
**PROTECCIÓN PERSONAL**

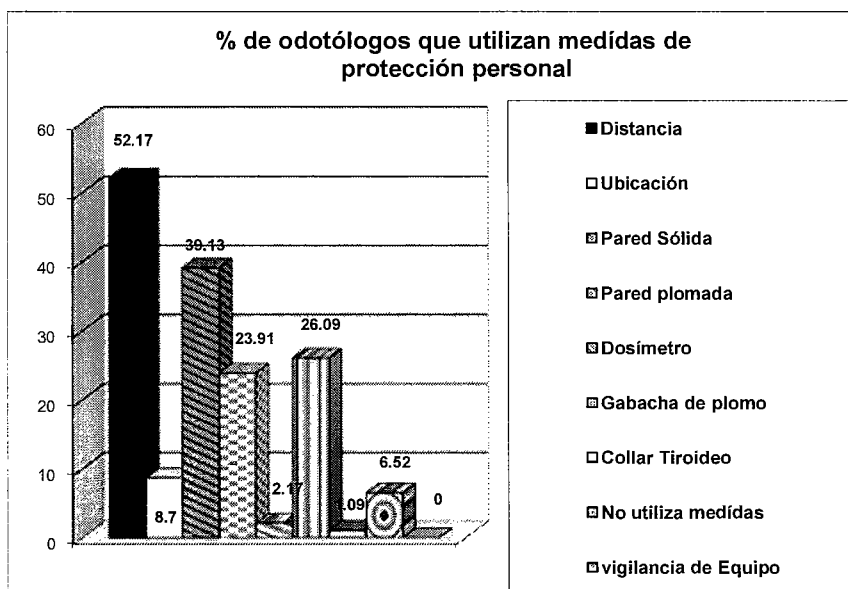


**Fuente:** datos obtenidos durante el trabajo de campo, septiembre de 2009.

### **INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA No. 5**

Se presenta en esta gráfica, el porcentaje de conocimiento que tienen los odontólogos sobre las medidas de protección personal al utilizar los rayos X en su clínica privada. De los 92 odontólogos entrevistados: 90 respondieron que sí conocen las medidas de protección personal, que representa el 97.82 % de la muestra, 1 respondió no conocer las medidas de protección, (1.09%), hubo un odontólogo (1.09%) que no respondió la pregunta.

**GRÁFICA No. 6**  
**MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL QUE UTILIZAN LOS ODONTÓLOGOS DE**  
**PRÁCTICA GENERAL EN SUS CLÍNICAS PRIVADAS**



**Fuente:** datos obtenidos durante el trabajo de campo, septiembre de 2009.

**INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA No. 6**

Como puede observarse en esta gráfica, la mayoría de odontólogos entrevistados hacen uso de la distancia como una medida de protección personal (52.17%), le siguen aquellos que se preocupan por tener como barrera de protección una pared sólida (concreto = 39.13%) y una pared plomada (23.91%), así también están aquellos que hacen uso de la gabacha plomada como protección (26.09%), algunos utilizan la ubicación (8.7%) como medida de protección personal, solo (2.17%) utilizan dosímetro. El (6.52%) no utiliza medidas de protección y no hubo mención entre los encuestados de dar vigilancia al equipo como una medida de protección personal.

## DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En los resultados de la investigación que se realizó, se determinó, con base a la muestra que fue seleccionada aleatoriamente, que la cantidad mayor de odontólogos entrevistados fue en: las zonas 1 y 10 y la menor parte en las zonas 17, 5 y 18. Del total de la muestra fueron entrevistados 43 odontólogos (46.74%) y 49 odontólogas (53.26%).

Se estableció que el 94.56% (87), respondieron conocer los daños biológicos provocados por el uso inadecuado de los rayos x. De ellos se detalla el porcentaje de odontólogos que conocen los siguientes daños.

Cuando son irradiadas grandes zonas del cuerpo, el daño principal es para los órganos formadores de sangre, en especial a la médula ósea. Dicho daño puede conducir a anemia e inclusive leucemia<sup>(6)</sup>. El 21.74% (20) conoce que puede provocar leucemia y el 7.61% (7) conoce que puede provocar anemia.

A causa de que las células más radiosensibles son las menos diferenciadas y de mayor actividad cariocinética (tales como las sexuales, de los órganos hematopoyéticos y del bulbo piloso, de la capa germinativa de la epidermis), se explica que entre las manifestaciones generales figuren, esterilidad, aborto y otras, se determinó que el 29.35% (27) conoce que puede producir esterilidad y el 6.52% (6) indica que puede provocar abortos.

Gómez, Mattaldi, A. menciona que es de fundamental importancia tener presente que la radiosensibilidad es inversa a la edad, esto explica la hipersensibilidad de los tejidos fetales, que es máxima particularmente durante los primeros tres meses del desarrollo, época durante la cual una relativa pequeña dosis de rayos absorbida puede ser suficiente para provocar malformaciones<sup>(4)</sup>. También que la radioabsorción por el feto, de dosis no exageradas, puedan determinar ceguera, se determinó que el 45.65% (42) menciona que puede provocar daños en el feto.

Es también importante saber que en los dedos del profesional, cuando éste los usa indebidamente para sostener las películas radiográficas durante el proceso de exposición a los rayos X, los efectos nocivos pueden manifestarse bajo forma de dermatitis crónica. Al respecto, no está de más advertir que, según Young y Kundel, el 31% de estas lesiones degeneran malignamente.<sup>(5)</sup> Las manifestaciones clínicas que progresivamente suelen aparecer en estos dedos son: sequedad de

la piel, escamosidades, fisuras, queratosis y carcinoma, se determinó que el 6.52% (6) conoce que puede provocar fisuras, sequedad y carcinoma en dedos.

Han sido establecidas las manifestaciones locales que pueden presentarse en la cabeza y cuello del paciente dental, particularmente son dermatitis y alopecia (formas agudas y temporarias)<sup>(4)</sup>. El 6.52% (6) conoce que puede producir alopecia y el 22.83% (21) conoce que puede provocar dermatitis.

Cuando se aplican los métodos intrabucales, en razón de vecindad con la dentadura, es preciso recordar que el cristalino y la glándula tiroides no deben ser irradiados innecesariamente, ya que un exceso de radiación (repetición, acumulación) puede determinar la aparición de cataratas, el 10.87% (10), respondió que puede provocar cataratas.

La absorción de rayos, particularmente en los niños, puede influir en la incidencia posterior del cáncer de la glándula tiroides<sup>(4)</sup>, el 44.57% (41) conoce que puede provocar cáncer en la tiroides.

Las dosis bajas durante un lapso prolongado de tiempo, tienen efecto acumulativo y pueden producir también daños a la piel<sup>(4)</sup>, el 22.83% (21) conoce que puede provocar dermatitis.

Se estableció que el 38.04% (35) de los odontólogos entrevistados, considera que puede producirse daño celular, cuando se hace uso inadecuado de los rayos X. Si bien, teóricamente, no existen dosis inocuas, en la práctica los efectos somáticos, según Ennis y Berry, pueden considerarse: 1) “reversibles”, si la célula retorna a su estado de preirradiación; 2) “condicionales”, cuando las células quedan afectadas en tal forma que una segunda dosis menor o igual a la primera impide su retorno al estado de preirradiación, 3) “irreversibles”, cuando ocurren cambios permanentes o destrucción.<sup>(4)</sup>

Se determinó que el 98.91% (91), respondieron conocer las medidas de protección para los pacientes, al utilizar los rayos X, de ellos se determinó que al utilizarlos en sus clínicas privadas el 7.61% (7) utilizan determinado número, tipo y frecuencia para cada paciente. El primer paso importante para limitar la cantidad de radiación X que recibe un paciente, es la prescripción u orden adecuada de radiografías.<sup>(5)</sup>

Se estableció que el 28.26% (26), utilizan un equipo adecuado (que incluye, filtros, colimadores y cono adecuado).

El mandil de plomo o gabacha de plomo es un escudo flexible que se coloca sobre el pecho y regazo del paciente para protegerlo contra la radiación dispersa a los tejidos reproductores y formadores de sangre; el plomo evita que la radiación alcance estos órganos radiosensibles, se determinó que el 95.65% (88), utilizan gabacha de plomo.

El collar tiroideo es un escudo flexible hecho de plomo, el cual se asegura alrededor del cuello del paciente para proteger la glándula tiroides de la radiación dispersa<sup>(4)</sup>. Se determinó que el 44.39% (39) utilizan collar tiroideo.

El 5.43% (5) utilizan películas rápidas, es uno de los métodos más eficaces para reducir la exposición del paciente a los rayos X.<sup>(5)</sup>

El 3.26% (3) utilizan aditamentos para sostener la película (XCP), estos aditamentos también son eficaces para reducir la exposición del paciente a la radiación; ayudan a estabilizar la película colocada dentro de la boca y reducen las probabilidades de que se mueva. Además, evitan que el paciente sostenga la película y por lo tanto, que exponga sus dedos a una radiación innecesaria<sup>(5)</sup>.

Se determinó que el 3.26% (3) respondió tener un adecuado manejo de la película. Para obtener placas diagnósticas y limitar la exposición del paciente a los rayos X, el manejo cuidadoso es de suma importancia, desde el momento en que se toman las radiografías hasta que se procesa la película; si el manejo de la película es inadecuado, se pueden ocasionar artefactos en las placas y ocasionar que no resulten diagnósticas; en consecuencia, se tendrá que volver a tomarlas, con lo que se expondrá al paciente a radiación excesiva.<sup>(5)</sup>

El 5.43% (5) educa al paciente antes de la toma de radiografía. La radiografía debe colocarse correctamente y el paciente debidamente informado, para conseguir su colaboración y minimizar el riesgo de movimientos durante la toma de radiografía.<sup>(5)</sup>

No hubo mención del procesamiento adecuado (revelado) de la película como medida de protección para el paciente, este determinará, la toma de una nueva radiografía exponiendo innecesariamente de nuevo al paciente.



Se logró establecer que el 97.82% (90), respondieron conocer las medidas de protección personal al utilizar los rayos X, se detalla el porcentaje de odontólogos que emplean las medidas, como sigue:

El 52.17% (48) se alejan dos metros de la cabeza del tubo de rayos X. Es una de las maneras más eficaces para que el operador evite el rayo primario y limite su exposición a los rayos X, lo cual significa mantenerse a una distancia adecuada durante la exposición; debe estar parado por lo menos a dos metros de la cabeza del tubo de rayos X durante la exposición<sup>(5)</sup>.

El 8.70% (8) mencionaron la ubicación, la cual es otra manera importante para que el operador evite el rayo primario, lo que significa mantener la posición adecuada durante la exposición a los rayos X; para evitar el rayo primario (que viaja en línea recta), por lo que debe estar colocado perpendicularmente al rayo o en un ángulo de 90 a 135 grados.<sup>(5)</sup>

El 39.13% (36) se coloca detrás de una pared sólida (concreto), el 23.91% (22) se protege con pared plomada. Las barreras de protección que absorben el rayo primario se incorporan en el diseño del consultorio, y así protegen al operador contra las radiaciones primaria y dispersa<sup>(5)</sup>. El 26.09% (24) utiliza gabacha de plomo, el 1.09% (1) utiliza collar tiroideo.

El 2.17% (2) utiliza dosímetro, el 6.52% (6) no utiliza. La cantidad de radiación X que llega al cuerpo del operador se puede medir con un aditamento de vigilancia personal conocido como dosímetro. El dosímetro de película es una pieza de película radiográfica en un soporte plástico<sup>(5)</sup>. El 6.53% (6) respondió no utilizar medidas de protección.

Es necesario revisar los aparatos dentales de rayos X para verificar que no tengan fugas de radiación, la radiación de escape puede ser cualquiera, con excepción del haz primario, que emita de la cabeza del tubo dental. Es posible monitorizar el equipo mediante el uso de un dispositivo de película que se puede obtener en el State Health departamento con los fabricantes del equipo de rayos X. Con relación a esta medida de protección ningún odontólogo entrevistado hace mención de la vigilancia del equipo (verificar fugas de radiación).

El porcentaje del conocimiento que tienen los odontólogos acerca de:

- Los daños provocados por el uso inadecuado de los rayos X,
- Las medidas de protección para el paciente, y
- Las medidas de protección personal,

podría deberse a las siguientes razones:

- a- No hay retroalimentación del conocimiento adquirido de los daños que puede provocar el uso inadecuado de los rayos X en la clínica privada.
- b- No se refuerzan estos temas de interés profesional, como lo es la utilización de las medidas de protección para el paciente y para el operador por medio de cursos, congresos y/o actividades de formación continua.
- c- No se aplican las medidas de protección personal y para el paciente, porque hay desconocimiento de ellas.

## CONCLUSIONES

Con base a los hallazgos que se obtuvieron en una muestra de 92 odontólogos de práctica general, de la ciudad de Guatemala en el año 2009, se concluye lo siguiente:

1. El porcentaje de odontólogos que conocen los daños biológicos es alto.
2. La mayor parte de odontólogos no tienen un conocimiento adecuado de los daños biológicos que puede provocar el uso inadecuado de los rayos X.
3. El porcentaje de odontólogos que respondieron conocer las medidas de protección para el paciente es alto.
4. La mayor parte de odontólogos no tienen un conocimiento adecuado sobre qué medidas de protección deben utilizarse en los pacientes, para el adecuado uso de los rayos X, porque al comprobar qué medidas utilizaban en su clínica, un alto porcentaje no respondió la totalidad de las medidas necesarias.
5. El 95.65% (88), de odontólogos utiliza como medida de protección para el paciente, la gabacha de plomo, siendo la medida de protección directa de mayor uso entre los entrevistados.
6. La mayor parte de odontólogos no tienen un conocimiento adecuado sobre qué medidas de protección personal deben utilizarse para el uso de los rayos X, porque al comprobar qué medidas utilizaban en su clínica, un alto porcentaje no respondió la totalidad de las medidas.
7. Las medidas de protección que los odontólogos utilizan más son: la distancia 52.17% (48), pared sólida 39.13% (36), gabacha de plomo 26.09% (24), pared plomada 23.91% (22).
8. La mayor parte de los odontólogos no ponen en práctica la totalidad de conocimientos adquiridos acerca de las medidas de protección para el paciente y el operador, es importante mencionar que en el tercer año de la carrera de Cirujano Dentista, en la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos, se imparte el curso de Radiología, este es un curso completo el cual se imparte en una forma teórica, practica y dinámica, ya que se aplican los conocimientos durante el curso, pero lamentablemente el estudiante inicia su práctica clínica en el cuarto año de la carrera, lo que lógicamente no ayuda a que sean fortalecidos los conocimientos en el momento más oportuno.

9. Se puede considerar que el grado de conocimiento que presentaron los odontólogos , es un elemento importante, como lo menciona Valiente 2001, en su tesis de graduación sobre Higiene Radiológica en la Clínica Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde concluyó que los estudiantes no ponen en práctica la totalidad de conocimientos adquiridos en el curso de Radiología. En algunos aspectos puntuales, esto se debe a la carencia de infraestructura apropiada; en otros a falla en las técnicas aprendidas.

## RECOMENDACIONES

En este estudio se recomienda:

1. Utilizar los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, para promover en los cursos de radiología de la Facultad de Odontología, de la Universidad de San Carlos, que la importancia de este medio de recurso para el profesional debe ser utilizado con todo el conocimiento acerca de las medidas de protección para el paciente y el operador.
2. Al Colegio Estomatológico de Guatemala, realizar dentro de su programa de actividades anuales, algún congreso o curso con el respaldo profesional que el tema implica, para que cada año se retroalimente la importancia de las medidas de protección para el paciente, así como para el odontólogo, ya que este es un recurso necesario y de mucha utilidad en el desarrollo de las actividades odontológicas, pues es un medio útil de diagnóstico.
3. Que el odontólogo colabore con los estudios que se realicen, porque el único objetivo es beneficiar al paciente como al profesional.
4. Que el odontólogo considere dentro del mantenimiento de su aparato de rayos X, que se encuentre libre de fugas de radiación, la radiación de escape puede ser cualquiera, con excepción del haz primario, que emita de la cabeza del tubo dental. Es posible llevar este control mediante el uso de un dispositivo de película que se puede obtener en el State Health departamento con los fabricantes del equipo de rayos X, ya que con relación a esta medida de protección personal, ningún odontólogo entrevistado hizo mención de la vigilancia del equipo (verificar fugas de radiación).
5. En relación a aquellos aspectos directamente relacionados con el quehacer dentro de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se recomienda la adquisición de un mayor número de aparatos de rayos X, debido a la demanda por la cantidad de estudiantes que realizan su práctica clínica; dar una adecuada capacitación sobre el manejo de los aparatos de rayos X, tanto a los estudiantes como al personal técnico, para fortalecer y poner siempre en práctica todas aquellas medidas de protección, tanto para el paciente, como para el operador.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Castro Saravia, J. (2004). **Determinación de errores en radiografías que fueron tomadas en la clínica de radiología de la facultad de odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala y determinación del grado de conocimiento del tema “errores en la radiología” en estudiantes de 4TO. 5TO. año de la carrera para cirujano dentista en el año 2004**, Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 16-19
2. Contreras, M. R. A. (1986). **Radiología dental, básica y clínica** México: El Mercurio. pp.15,16
3. Freitas, Aguinaldo de; Rosa, E. J. y Faria e Sousa I. (2002). **Radiología odontológica**, 5. ed. Brasil: Artes Medicas Latinoamérica. pp . 4, 67, 81
4. Gómez, Mattaldi, A. (1975). **Radiología odontológica: fundamentos- protección antirrayos x- técnica -laboratorio-interpretación**. Buenos Aires: Mundi. pp. 1, 2, 16, 17 -25.83
5. Haring, J. I. y Jansen, L. (2002). **Radiología dental: principios y técnicas**. Trad. Armando Domínguez Pérez. 2 ed. México: McGraw-Hill Interamericana. pp. 3,16-24, 37, 67, 69, 7, 73, 77,79
6. Manson-Hing, L.R, (1987) **Fundamentals of dental radiography**. Philadelphia: Lea & febiger. pp. 1, 99
7. Mason, R.A. (1984). **Guía para la radiología dental**, 2 ed. México: El Manual Moderno. pp.2-3
8. Ovalle Monasterio, M. A. (1973). **Peligros de los rayos x en la odontología**. Tesis (Licda. Cirujana Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 29-30
9. Samayoa Meneses de Blanco, A. E.(1989). **Condiciones de protección radiológica en las clínicas de odontología de la ciudad capital de Guatemala**, Tesis (Licda. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, pp. 1, 95
10. Valiente de León, D. (2001). **Higiene radiológica en la clínica dental de la facultad de odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2001**. Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 114



# ANEXOS

## CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPRENDIDO

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de la Dirección General de Investigación y el Departamento de Educación Odontológica de la Facultad de Odontología, llevan a cabo la investigación intitulada: "CONOCIMIENTO QUE TIENEN LOS ODONTÓLOGOS DE PRÁCTICA GENERAL SOBRE MEDIDAS DE PROTECCIÓN (TANTO PARA EL OPERADOR COMO PARA EL PACIENTE), EN LA UTILIZACIÓN DE RAYOS X EN SUS CLÍNICAS PRIVADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA 2009". Este estudio está coordinado por el Dr. Víctor Hugo Lima.

La investigación se realiza con el propósito de establecer el conocimiento que tienen los odontólogos (as) de práctica general en sus clínicas privadas, sobre medidas de protección (tanto para el operador como para el paciente) en la utilización de rayos X en sus clínicas privadas. Para ello se pasará una encuesta que constará de cinco preguntas de completación. Con los resultados que se obtengan, se podrá establecer si los odontólogos (as) tienen el conocimiento necesario sobre medidas de protección del uso de los rayos X. Los datos serán confidenciales por lo que no se identificará la encuesta con el nombre del odontólogo (a) de práctica general.

Por este medio, Yo \_\_\_\_\_ colegiado activo estoy enterado del procedimiento que se me hará, y con mi firma confirmo que se me ha explicado y comprendido satisfactoriamente sobre el contenido de la encuesta. También se me ha dicho que yo puedo abandonar la investigación en cualquier momento sin tener que dar explicación alguna. Con mi firma y nombre al final de este documento autorizo a la persona designada por el Coordinador de la Investigación que se me realice la encuesta que contempla el estudio.

Nombre del examinador: \_\_\_\_\_

Firma del examinador: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
**ENCUESTA**

CONOCIMIENTO QUE TIENEN LOS ODONTÓLOGOS DE PRÁCTICA GENERAL SOBRE MEDIDAS DE PROTECCIÓN (TANTO PARA EL OPERADOR COMO PARA EL PACIENTE), EN LA UTILIZACIÓN DE RAYOS X EN SUS CLÍNICAS PRIVADAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA 2009.

El siguiente test consta de cinco preguntas, por favor se le pide que conteste con la mayor sinceridad, ya que los resultados si es necesario se utilizarán para beneficiar al odontólogo, cualquier duda puede consultar con la investigadora.

*Edad:*

*Sexo:*

1. Conoce los daños biológicos que provoca el uso inadecuado de los rayos X?

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

¿Qué daños puede mencionar?

---

---

2. Conoce las medidas de protección para los pacientes al utilizar los rayos en su clínica?

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

3. ¿Que medidas de protección para el paciente utiliza en su clínica privada?

---

---

---

4. ¿Conoce las medidas de protección personal al utilizar los rayos X en su clínica?

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

5. Qué medidas de protección personal utiliza en su clínica privada?

---

---

---

**El contenido de esta tesis es única y exclusivamente responsabilidad de la autora**

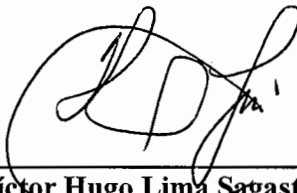
A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a horizontal line, positioned above a horizontal line.

---

Claudia Lucrecia Quiroa Delgado  
Autora



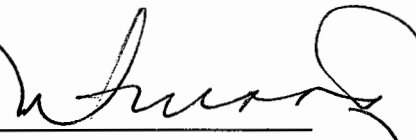
**Claudia Luceña Quiroa Delgado**  
**SUSTENTANTE**



**Dr. Víctor Hugo Lima Sagastume**  
**ASESOR**



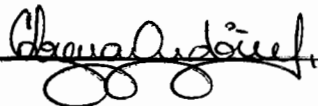
**Dr. Leonel Eugenio Arreola Barrientos**  
**COMISIÓN DE TESIS**



**Dr. Marvin Lisandro Maas Ibarra**  
**COMISIÓN DE TESIS**

**IMPRÍMASE**

Vo.bo.



**Dra. Carmen Lorena Ordoñez de Maas**



**SECRETARIA GENERAL DE LA FACULTAD**